image not available





Just

Kritik de

vom

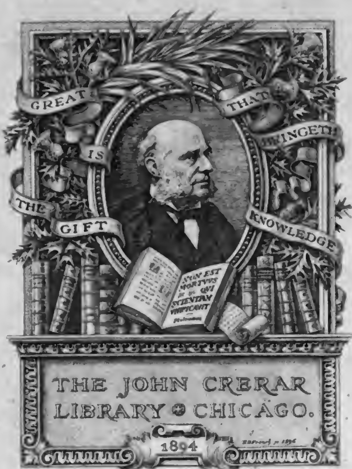
Verlag vc

Justus Gaule

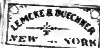
Kritik der Erfahrung vom Leben

I

Verlag von S. Hirzel in Leipzig



GREAT
IS
THE
GIFT
THAT
WINGETH
KNOWLEDGE
NON EST MORTUUS QUI SCIENTIAM VIVIFICAVIT
THE JOHN CRERAR LIBRARY • CHICAGO.
1894


LEMCKE & BUECHNER
NEW YORK

Kritik der Erfahrung vom Leben

von

Justus Gaule
o. Prof. der Physiologie in Zürich.

Erster Band:

Analyse.

Leipzig
Verlag von S. Hirzel
1906.

Published May 3, 1906. Privilege of copyright in the United States reserved under the Act approved March 3, 1905, by S. Hirzel, Publisher and proprietor of this work, at Leipzig (Germany).

Gewidmet

meiner lieben Frau

der treuen Helferin

bei diesem Werke.

Vorwort.

Es ist das Resultat einer mehr als 25jährigen Arbeit, welches ich hiermit der Öffentlichkeit übergebe. 25 Jahre zählen nicht viel in der Entwickelung einer Erkenntnis, wohl aber zählen sie in dem Leben eines Menschen. Vielen meiner Fachgenossen wird das Buch auch eine Art Schlüssel in die Hand geben über den Zusammenhang in meiner experimentellen Arbeit. Beherrscht von einem Gedankengange wollte ich Punkte aufklären, die mir dunkel in unserer Vorstellung von der Wirklichkeit erschienen. Ich verweilte auch nicht bei einer Erkenntnis, selbst wo ich Widerspruch fand. Andere zu überzeugen, dazu glaubte ich keine Zeit zu haben, nur mir selbst wollte ich Aufklärung verschaffen. Nur so lange sollte aber dieses dauern, bis ich einen wirklichen Einblick in das Leben gewonnen hatte; jetzt wo dieses Ziel erreicht ist, fordere ich zur Prüfung auf und bin bereit, das was ich sage, zu verteidigen.

Ich habe meinen Stoff in zwei Teile geteilt, Analyse und Synthese. Dieser erste Band behandelt die Analyse, die Anschauungen über den Aufbau der lebenden Wesen, die man aus den seitherigen Untersuchungen ableiten kann. Die Synthese soll versuchen, die beobachteten Erscheinungen wieder aus den so ermittelten Einheiten zu rekonstruieren.

Viel habe ich gelernt, als ich diese Analyse niederschrieb. Wie ich fertig war, dachte ich, ich müßte neu beginnen, so

hatten sich meine Vorstellungen erweitert. Manche Kapitel habe ich in der Tat umgeschrieben; manche hinzugefügt. Sollte ich alle umschreiben, fragte ich mich oft. Ich fürchtete, dann nehme ich allzusehr den Charakter des allmählichen Eindringens in die Wirklichkeit von dem Buche. Was auf der einen Seite gewonnen wird, geht auf der andern verloren. Es ist eben die Darstellung eines Mannes, dem schon die Synthese vor Augen steht. Was in der Analyse fremdartig erscheint, empfängt sein Licht durch die Synthese.

Zürich, 26. Februar 1905.

Justus Gaule.

Inhaltsverzeichnis.

Seite

II. Physiologisch-chemische Analyse 106—144.

III. Histologische Analyse 145—179.

IV. Embryologische Analyse 180—209.

V. Physiologische Analyse 210—251.

VI. Biologische Analyse 252—282.

I.

Allgemeine Analyse.

Gründe, warum man eine Kritik der Erfahrung vom Leben schreibt.

I. Abschnitt.

Genetisches.

I. Naturphilosophie und Theorie.

Kritik der Erfahrung vom Leben, klingt das nicht ganz philosophisch? Und ist die Naturphilosophie nicht mit Recht ganz in Mißkredit gekommen? Was hat ein Naturforscher überhaupt damit zu tun? Als ob seine Aufgabe nicht wäre, die unbekannten Tatsachen in der Natur zu untersuchen und womöglich zu erklären. Solcher unbekannten Tatsachen aber gibt es doch noch genug, ja, nur zu viel, weshalb sollte er sich hinsetzen und philosophieren. Das kann er nur tun, wenn er nicht die richtige Fähigkeit hat, zu experimentieren. Verzeihung, es gibt gewiß noch unbekannte Tatsachen genug und es lohnt der Mühe, sie zu erklären, aber es gibt auch zu viel bekannte Tatsachen.

Das kann es doch gar nicht geben. Doch für einen Intellekt, der sie nicht mehr umfassen kann, und der sie doch umfassen sollte, wenn er der Aufgabe, die sein Beruf, die Menschen zu heilen, die sein Leben, das Leben mit den Menschen und unter den Menschen an ihn stellt, genügen will. Und weiter, diese Tatsachen sind gar nicht so bekannt, wie sie scheinen. Es sind Phänomene, die sich verhalten wie Körper, bei denen wir Licht auf eine Seite geworfen haben, die wir glauben zu sehen und von denen eine andere Epoche uns neue ganz unbekannte Seiten enthüllt. Wir machen dann eine

neue Vermutung über ihre Gestalt, die von der früheren weit abweicht, und vielleicht wird eine spätere Zeit unsere Vermutungen ebenso beiseite werfen, wie wir die früheren. Einerlei, damit eine spätere Zeit dies kann, muß sie auf dem fußen, was die früheren gelernt. Und damit sie darauf, auf unserem Wissen fußen kann, darf das nicht zerrinnen in tausende und abertausende kleine Körnchen wie ein Sand, in den man versinkt.

Warum ist die Naturphilosophie in Mißkredit gekommen? Weil, als man sie übte, noch zu wenig über die lebenden Wesen bekannt war. Es war leicht, mit der Hegelschen Methodik, aus den wenigen Untersuchungen, die damals bekannt waren über das Leben, Ansichten und Gesetze zu schmieden, aber es war unfruchtbar, denn es war ein Denken und Reden über etwas völlig Unbekanntes. Seitdem aber ist die Menschheit nicht müßig gewesen. Fast unzählige Untersuchungen haben uns Belehrungen auf allen möglichen Gebieten gebracht und jedes Jahr vermehrt sich die Zahl dieser Arbeiten. Immer dringender werden dabei die Klagen, daß es unmöglich sei, das alles zu übersehen, daß man sich spezialisieren müsse. Die Folgen dieses Spezialisierens sind nicht immer erfreulich. Man steht ja doch in letzter Instanz dem Leben des Nebenmenschen gegenüber, und was nützt die genaueste Kenntnis von tausend Einzelheiten, wenn jede Vorstellung fehlt über das, was in dem Organismus des Nebenmenschen eigentlich nicht harmonisch ist. Denn das Leben ist ja doch eine Einheit. Man kann nicht von einem Leben der Finger oder der Augenlider sprechen, wenn man nicht das auffaßt als einen Teil des Gesamtlebens des Organismus, dem sie angehören.

Niemand ist in der Beziehung übler dran als der Physiologe. Seine Wissenschaft heißt die Lehre vom Leben. Zu ihm kommt die junge Generation, die künftigen Ärzte, welche sich mit den Störungen des Lebensvorganges beschäftigen wollen. Von ihm wollen sie wissen, was das denn eigentlich sei, das Leben. Von wem sollten sie es denn auch sonst erfahren. Und was kann der Physiologe ihnen bieten. Eine Summe von Erfahrungen über einzelne Lebensvorgänge, die ja wertvoll genug ist, die aber doch nicht das ist, was der künftige Arzt eigentlich erwartet. Er widmet sich ja doch der Heilung der lebenden Wesen, er erwartet, daß er etwas erfährt über die Art von Vorgang, um den es sich dabei handelt. Seine

Mitbürger erwarten auch, daß er es weiß; bald hegen sie das Vertrauen, daß er es weiß, ohne es zu sagen, bald betrachten sie ihn mit Mißtrauen oder Spott. Ja man sieht leicht ein, dieses ist eine Angelegenheit des ganzen Menschengeschlechts, um die es sich hier handelt. Wenn dasselbe sich herausentwickeln will aus den Banden mittelalterlicher Anschauungen, in denen es groß geworden, bedarf es vor allem eine Kenntnis von dem Vorgang, der sein eigenes Leben ist.

Und die Physiologie sollte diese Kenntnis geben. Aber sie weiß über das Leben selbst nur von ein paar Vorstellungen zu berichten, die teilweise Jahrhunderte alt sind, wie die von Cartesius. Es ist Zeit, daß sich unsere Anschauungen auch in der Beziehung auf den Boden moderner Wissenschaft stellen.

Aber ist das möglich? Sind wir denn nicht selbst lebende Wesen? Steht uns nicht das Hindernis entgegen, daß wir nicht gleichzeitig Untersucher und Untersuchte, Subjekt und Objekt sein können? Muß deshalb nicht das Leben für uns, die Lebenden, ewig ein Rätsel bleiben? Dem halte ich entgegen zwei Fortschritte unserer Zeit, die ich zunächst vorführen will, die Darwinische Theorie von dem einheitlichen Ursprung der lebenden Wesen und die Claude Bernardsche Theorie von der Einheit des Lebensprozesses.

Sie zeigen, daß wir das Leben nicht bloß an uns, sondern in der Gesamtheit der belebten Wesen studieren können, und zwar dasselbe Leben, das auch in uns pulsiert.

2. Darwinsche Theorie.

Es ist ein eignes Gefühl, sich in der Natur zu wähnen als ein Geschöpf eigner Art, ein Geschöpf von allen übrigen getrennt, nach dem Bilde des Schöpfers geformt. Es ist ein anderes aber vielleicht nicht minder köstliches Gefühl, sich an der Spitze aller der Geschöpfe der Natur zu sehen, als das vollkommenste derselben, als den Kopf der Reihe. Dies erste Gefühl mußte den Menschen mit einem Bewußtsein der Ohnmacht und Verlassenheit erfüllen. Er konnte sich auf dieser Erde nicht heimisch fühlen, er war ihr ja fremd, er mußte sie betrachten als einen vorübergehenden Aufent-

halt, seine wahre Heimat lag wo anders. Das zweite Gefühl brachte ihn zum Bewußtsein der kolossalen Entwickelung, welche das Reich des Lebens durchlaufen hatte. Er war der Gipfel dieser Entwickelung. War es mit seinem gegenwärtigen Zustand zu Ende, war das Ziel erreicht, waren die Möglichkeiten erschöpft, die bis hierhin die Steigerung herbeigeführt hatten? Oder gab es noch ein Hohersteigen und wie mußten die Kräfte zusammengefaßt werden, die auf diese Stufe geführt hatten, um noch höher zu kommen?

Auf diese Weise hat die Darwinsche Theorie gesiegt in einem doppelten Sinne. Die Herzen haben sich ausgesöhnt mit der Entwickelung, die Augen können sich nicht verschließen gegen die Wahrheit, die in ihr liegt. Was ihr gegenüber anfänglich die Opposition nährte, war nicht die Mannigfaltigkeit der Wesen, die von einem abstammen sollten, sondern die Einteilung dieser Mannigfaltigkeit in gewisse Klassen und Typen. Wo blieben die Übergänge? fragte man. Allmählich füllte die Paläontologie diese Zwischenräume aus mit untergegangenen Arten, deren Reste sie heute zutage förderte. Noch mehr wurde die Teilnahme gefesselt, als man erkannte, daß einige noch existierende Wesen auch solche Vermittelungen darstellen. Als man diese zuerst kennen lernte, erregten sie unser Erstaunen durch ihre Fremdartigkeit wie der Amphioxus, die Echidna, der Lepidosiren, der Ceratodus. Wie man sie dann durch die von Darwins Theorie geschärften Augen ansah, entdeckte man in ihnen merkwürdige Zwischenglieder zwischen verschiedenen Familien, ja zwischen verschiedenen Klassen.

Alte Spuren, die auf die Anwesenheit der Menschen auf der Erde in längst vergangenen geologischen Perioden hindeuteten, sind immer deutlicher erkannt worden, bis sich herausstellte, daß einstmals ein Mensch eines niederen Typus auf der Erde lebte, ein Mensch, der ein Mittelglied bildete zwischen dem heute lebenden Homo sapiens und dem gleichfalls nur fossil gefundenen menschenähnlichen Affen, dem Pithecanthropus. Endlich haben uns neuere Forschungen auch gelehrt, wie das Blut verwandter Arten, die nahe zusammengehören, sich vermischen läßt, ohne daß die dem Blute eigentümlichen Körperchen dabei zugrunde gehen. Und das Blut des Menschen und des Schimpansen hält diese Probe aus. Was half nun noch das Nichtwollen der Wahrheit gegenüber? Von dieser Einheit, die der gemeinsame Stammbaum zwischen allen tieri-

schen Wesen schuf, zog der Physiologe Nutzen. Er legte von jetzt an einen großen Wert auf die vergleichende Physiologie. Was sich zuträgt bei den niedersten Tieren scheint ihm eine Illustration oder gar ein Baustein zu sein für die Lehre von den Vorgängen bei uns selbst. Er spricht nicht mehr von der Physiologie der Menschen und der Tiere, sondern von der Physiologie, denn die Gesetze scheinen ihm überall dieselben, höchstens mit den Abänderungen gültig, welche die Anpassung an eine besondere Lebensaufgabe notwendig macht. Da kam dann bereits der Pathologe und diskutierte und bejahte die Frage, ob Lebenskeime bald auf Kosten der Tiere, bald auf die der Menschen sich entwickeln können.

3. Die Lehre von der Einheit des Lebensvorganges. Claude Bernards Theorie.

Viel weniger Aufsehen erregend als Darwin hat der Franzose Claude Bernard eine Lehre aufgestellt, die für die Zukunft des Menschengeschlechts noch bedeutungsvoller ist. Er ist weniger angefeindet worden, er ist weniger in den Himmel gehoben worden, aber er ist nicht weniger genial. Nur die Fachgenossen konnten im Anfang verstehen, was die Bedeutung dessen war, was er wollte, aber es ist unterdessen die Zeit gekommen, wo die Menschen ohne Ausnahme etwas wissen sollten von der Bereicherung der Erkenntnis, die wir Claude Bernard verdanken. Er hat uns nämlich bekannt gemacht mit der Einheit des Lebensprozesses. Was heißt das? Nichts anderes, als daß das, was in uns selbst sich abspielt, unser Arbeiten und Denken im Grunde dasselbe ist, wie das Laufen des Pferdes, das Singen des Vogels, das Hüpfen des Frosches, das Schwimmen des Fisches. Der sich krümmende Wurm, ja die mikroskopisch kleine Amöbe, das Bakterium, ja selbst das Gras, der Baum, alle Pflanzen zeigen im Grunde denselben Lebensprozeß. Alle die unendlichen Mannigfaltigkeiten, welche die Lebewesen zeigen in ihrer Kraftentwickelung, ihrer Farbe, Form, Größe und Zahl sind nur sekundäre Variationen, welche der im Grunde gleichartige Prozeß erleidet. Das, was die ganze Natur erfüllt, was sie belebt, was unsere Sinne ergötzt und erschreckt, was das Spiel der Farben und Töne in ihr hervorruft, was wächst und sich bewegt, das ist alles **ein** ungeheurer Vorgang. So mannigfaltig, so viel-

gestaltig er erscheint, er ist doch im Grunde von einer verblüffenden Einfachheit. Wie hat das Claude Bernard[1]) herausgefunden? Er hat zunächst beobachtet, daß es sich bei allem, was wir Leben nennen, handelt um einen eigentümlichen Austausch mit der alle lebenden Wesen umgebenden Atmosphäre. Alle nehmen aus dieser Atmosphäre Sauerstoff auf und geben Kohlensäure an sie ab. Gleich im Anfang schien sich dieser Betrachtung ein unübersteigliches Hindernis entgegenzustellen in der Verschiedenheit von Pflanzen und Tieren. Denn haben wir nicht schon in der Schule gelernt, daß, während die Tiere Sauerstoff aufnehmen, die Pflanzen Kohlensäure abgeben und daß es sich in bezug auf die Kohlensäure gerade umgekehrt verhält? Claude Bernard aber wies darauf hin, daß die Abgabe von Sauerstoff und die Aufnahme von Kohlensäure die Tätigkeit eines besonderen Apparates der Pflanze, des Chlorophyllkornes unter dem Einflusse des Lichtes ausmacht. Wenn man die Pflanze dieses Apparates beraubt, so braucht sie wie das Tier Sauerstoff und bildet Kohlensäure, das heißt die Pflanze lebt ebenso wie das Tier, aber wie das Tier Muskeln und Nerven bildet um sich zu bewegen und Beute zu erhaschen, so bildet die Pflanze das Chlorophyll, um mit ihrer Hilfe der Ätherschwingungen des Lichtes sich zu bemächtigen und Sauerstoff zu bilden und Kohlensäure umzuwandeln. Auf die Eigentümlichkeit des Gaswechsels und seine Beziehungen zum Leben war nun auch schon Lavoisier aufmerksam geworden, und weil er gefunden hatte, daß sich die lebenden Wesen ebenso verhalten wie brennende Körper, hatte er dieselben als wandelnde Flammen bezeichnet. Indessen eine genauere Untersuchung hatte die Unterschiede gelehrt, welche zwischen dem Lebensprozeß und dem Verbrennungsprozeß bestehen, und Claude Bernard gab dem zuerst klaren Ausdruck, indem er das Wort aussprach „La vie c'est la création et la mort". Er sagte damit, in dem Leben ist verbunden mit dem Vorgang der Zerstörung der der Bildung. Beide dürfen einander nicht stören, beide müssen einander bedingen, fügen wir hinzu. Es muß das also eine ganz eigentümliche Oxydation sein, ganz unähnlich der in der Flamme, wenn sie gleichzeitig den der Oxydation entgegengesetzten Vorgang, also den der Reduktion bedingt. Nun

[1]) Claude Bernard, Leçons sur les phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaux. Paris 1878.

ermittelte Claude Bernard weiter, daß das Leben niemals ein ununterbrochener Prozeß ist. Bei allen Lebewesen wechseln zwei Zustände miteinander ab, ein Ruhe- und ein Tätigkeitszustand, gewöhnlich als Schlafen und Wachen bezeichnet. Auch die Pflanzen haben einen Schlaf während des Winters, und wie der Schlaf in den Scheintod zum völligen Aufhören aller Lebenserscheinungen übergeht, davon gibt Claude Bernard ein Beispiel an dem Bärentierchen, das in den Dachtraufen lebt. Wenn dieses trocken wird, dann gleicht es täuschend einem Sandkorn, das dort liegt, und wenn es benetzt wird, beginnt es plötzlich zu leben, streckt seine Beine hervor und kriecht davon. Es sind die äußeren Bedingungen, welche die Abwechslung von den beiden Zuständen veranlassen, so Licht und Dunkel bei dem nächtlichen Schlaf, so Wärme und Kälte bei dem Winterschlaf, so die Trockenheit und Nässe bei dem Sommerschlaf. Es sind aber auch gewisse chemische Stoffe, welche das Schlafen herbeiführen können. Alle lebenden Wesen lassen sich narkotisieren. Auch die Pflanzen unterliegen dem Einflusse des Chloroforms, des Äthers, so hat Claude Bernard gezeigt. Ein Beispiel von der Verbreitung dieser Macht im Bereich der lebenden Wesen und von der Möglichkeit aus ihr zu erkennen, ob etwas durch das Leben bewirkt werde, ist denn nach Claude Bernard von dem französischen Forscher Müntz[1]) beigebracht worden. Er hat nämlich gezeigt, daß man auch die Ackererde, den Humus chloroformieren kann. Die Fruchtbarkeit des Humus beruht darauf, daß er aus stickstoffhaltigen Substanzen, vor allem dem Ammoniak, mit dem er gedüngt wird, Salpetersäure zu bilden imstande ist. Die Frage war, beruht das auf der Anwesenheit von lebenden Wesen in diesem Humus, und die Antwort war „ja", denn man kann durch Chloroformieren ganz plötzlich diese Umwandlung in die Sauerstoffverbindungen des Stickstoff unterbrechen. Seitdem sind diese Lebewesen „die Bakterien der Nitrifikation" ein fester Besitz der Wissenschaft. Welcher Schritt von der Chloroformierung eines Menschen bis zu dem der Ackererde. Aber alles, was lebt fügt sich in gleicher Weise dieser einfachen chemischen Verbindung, und das zeigt, daß der chemische Prozeß, der sich in allem, was lebt, vollzieht, denselben Ablauf haben muß.

[1]) A. Müntz et Th. Schloesing. Compt. Rend. 85. 1877. 1018—1020.

4. Die Lehre von der Einheit der Zellenorganismen. Zellentheorie.

Schon bevor Darwin die Lehre von dem einheitlichen Ursprung der lebenden Organismen in ihrer wissenschaftlichen Begründung der Welt geschenkt, ehe noch Claude Bernard uns mit der einheitlichen Natur der Lebensprozesse bekannt gemacht hatte, war uns etwas mitgeteilt worden, was ebenfalls ein Licht auf den Zusammenhang der lebenden Wesen warf, und diese Entdeckung hat seitdem mehr als die übrigen Erkenntnisse die Fortschritte der Wissenschaft beherrscht. Schon seit einiger Zeit hatten die Botaniker mit Hilfe des Mikroskops festgestellt, daß die Pflanzen aus Zellen bestehen, von denen jede eine eigene Wand und einen besonderen Inhalt besitzt. Nun zeigte Schwann,[1]) daß auch bei den Tieren solche Zellen vorkommen, die eine ähnliche Größe oder mikroskopische Kleinheit, eine ähnliche Organisation wie die Pflanzen besitzen. Da erwuchs mit einemmal der Gedanke, daß diese Abteilungen die Elemente seien, aus denen sich Tiere wie Pflanzen aufbauten, die sogenannte Zellentheorie. Zwar regten sich auch Zweifel. Schwann hatte zuerst die Ähnlichkeit zwischen Pflanzen- und Tierzellen nachgewiesen an solchen Teilen der Tiere, wo die Zellen in der Tat eingebettet liegen wie von Wänden umgeben, z. B. im Knorpel. Dann aber kam bei der Untersuchung anderer Teile des Tieres die Gewißheit, daß sich hier ähnliche Gebilde finden, welche der für die Zellen charakteristischen Wände entbehrten. Und weiter machte man die Entdeckung, daß das, worin diese Gebilde im Knorpel eingebettet liegen, eigentlich gar nicht zu diesen Zellen gehöre, daß es eine besondere Substanz sei, welche Höhlen habe. Und in diesen Höhlen können die Gebilde drinliegen, sie können aber auch herausfallen und die Höhlen leer lassen. Die Wandungen sind also hier kein Teil der Gebilde. Wenn aber die Wandungen charakteristisch für die Zellen sind, darf man denn da die tierischen Gebilde für das Gleiche wie die pflanzlichen ansehen, sind sie auch Zellen? Der Streit dauerte nicht lange, denn man entdeckte, daß die Zellwandung auch bei den pflanzlichen Zellen nicht immer vorhanden ist, daß sie

---

[1]) Schwann, Mikrosk. Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und im Wachstum der Tiere und Pflanzen. Berlin 1839.

also keinen unentbehrlichen Teil derselben darstellt. Dagegen fand man, daß die Pflanzenzelle zwei immer vorhandene Bestandteile besitzt, nämlich Kern und Protoplasma, und daß diese sich in den tierischen Gebilden in gleicher Form wiederfinden. Von dem Moment an war man einig. Kern und Protoplasma sind die originalen Bestandteile der Zelle und diese Zellen sind die elementaren Bestandteile der Tiere wie der Pflanzen. Wenn nun aber die tierischen Zellen sich nicht wie die pflanzlichen Zellen durch eine besondere Wand abschließen, haben sie dann nichts, was ihr Protoplasma abtrennt von dem der Nachbarzelle? Das führte zu einer Untersuchung der Wand der Pflanzenzelle, denn man kam auf den Gedanken, daß vielleicht die tierischen Zellen auch eine Wand haben, daß dieselben sich aber nicht so sichtbar wie die der Pflanzen abheben. Man entdeckte, daß die Wand der Pflanzenzelle aus Zellulose bestehe, also aus einem Kohlenhydrate, und da man weiter durch chemische Untersuchungen in Erfahrung brachte, daß die Pflanze Kohlenhydrate bilde, so schloß man, daß die Wandung der Pflanzenzelle eine Bildung derselben sei, entsprechend ihrem eigentümlichen Stoffwechsel. Tiere bilden nun nicht Kohlenhydrate, sondern Eiweißkörper und Fette und entsprechend dem, was man von den Pflanzen weiß, wird man vermuten müssen, daß die Wandungen von Tierzellen aus Eiweißkörpern und Fetten bestehen. Solche Wandungen heben sich aber nicht so deutlich von dem Inhalt ab, wenn sie nicht in großen Massen abgeschieden werden, und man kam bald dazu die tierischen Zellen einzuteilen in solche, in denen eine solche Bildung und Ausscheidung an der Peripherie in Massen stattfand und in solche, in denen das nicht geschah. Was zuerst um die Zelle stattfand, löste sich allmählich von ihr ab, lag dann zwischen den Zellen und wurde zur Interzellularsubstanz. Die feinen Häutchen aber, welche die anderen Zellen einhüllten, wurden zunächst nicht gesehen. Die Zellentheorie schreitet nach drei Richtungen vorwärts. Zunächst einmal entdeckt man, daß alle lebenden Wesen aus einem Keim hervorgehen und daß dieser Keim selbst eine Zelle sei. Der Grundsatz „omnis cellula e cellula“ wurde so etabliert. Jedes Entstehen lebender Individuen nimmt also seinen Anfang von einer Zelle, und daran reiht sich der zweite Schritt. Ein lebendes Individuum besteht aus einer Vielheit von Zellen, und wenn diese Vielheit aus einer Einheit hervorgeht, so

muß es sich um eine Vermehrung der Zellen handeln. Die einfachste Vermehrung ist die von eins in zwei. Man entdeckt, daß die Grundlage jedes Wachstums die Teilung der Zellen sei. Nach den Potenzen von zwei geordnet vermehren sich die Zellen, und jede Bildung eines Teils, jedes Wachstum des lebenden Wesens ist an die Zellen, ihre Vergrößerung oder ihre Vermehrung geknüpft. Die Vergrößerung kann nicht weit gehen, so entdeckt man bald, sie muß, sowie sie ein gewisses Maß übersteigt, der Vermehrung Platz machen.

Wenn sich so gewissermaßen anatomisch für das betrachtende Auge vollzieht, daß das Entstehen und Wachsen der lebenden Wesen an die Zellen geknüpft ist, so beginnt man auch jetzt die Einheit des Lebensprozesses zu verstehen, wie sie Claude Bernard gezeigt hatte. Diese Einheit des Lebens ist eben das Leben der Zelle. Die Zelle liegt allen lebenden Wesen zugrunde, und daher muß auch der chemische Vorgang, der in ihr sich abspielt, sich überall wiederholen. Nur die eigentümlichen Apparate, die sie bildet, können die Summe der chemischen Veränderungen, die ein lebendes Wesen durchmacht, modifizieren. Analysiert man aber dieses Ganze, trennt man in ihm die einzelnen Teile voneinander, so wird man immer wieder auf den grundlegenden Anteil des Lebens der Zelle stoßen. Und ebenso müssen die Eigenschaften der Zelle sich in allen lebenden Wesen wieder nachweisen lassen. Was sind nun diese Eigenschaften, fragte man sich, und tat den dritten Schritt. Es handelte sich darum, die Zelle loszulösen von allen den Apparaten, die sie in dem Gesamtorganismus gebildet hat, das hieß sie loslösen von dem Gesamtorganismus selbst, lösen aus dem Zusammenhang. Seither hatte man nur Zellen kennen gelernt, welche Abteilungen von lebenden Organismen waren, jetzt wollte man diese Abteilung als Element, die Zelle für sich kennen lernen. Die Forschung hatte schon zur Kenntnis einzelliger Organismen geführt und man bemerkte, daß die Amöbe die größte Ähnlichkeit habe mit gewissen Zellen, die man auch in den höheren Organismen antraf. Da kam zuerst die Ausflucht, an der Hand einer Reihe von Beobachtungen über den Parasitismus, die man ungefähr gleichzeitig angestellt hatte, daß jene den Amöben gleichenden Formen nur als parasitisch, d. h. als fremde Gäste sich aufhaltende Zellen anzusehen seien. Sie gehörten in Wirklichkeit den frei leben-

den Amöben an, sie seien nicht Teile der höheren Organismen, in denen sie angetroffen würden. Diese Idee aber mußte man wieder aufgeben, als man entdeckte, daß diese amöboiden Zellen doch eine bestimmte Rolle in dem Leben der höheren Organismen spielten, ja daß es eine Epoche in der Entwickelung der höheren Organismen gebe, in denen nahezu alle ihre Zellen die Eigenschaften der amöboiden Zellen teilen. Da war denn nur die Umkehr möglich. Die amöboiden Zellen sind nicht fremde, sie sind die eigentliche Grundform der Zellen der höheren Wesen, die Elementarorganismen, wie man sie nannte. Und das Leben, die Organisation jedes komplizierteren Lebewesens beruht auf der Vereinigung einer Anzahl solcher Elemente. Die Aufgabe der Zellenlehre war es, uns zu zeigen, wie durch eine solche Vereinigung gewisse Eigenschaften der Elemente modifiziert und gewisse neue Organisationen gebildet werden.

5. Der Widerspruch zwischen Kapitel 3 und Kapitel 4. Morphologen und Mechaniker.

Ein Widerspruch sollte existieren zwischen der Einheit des Lebensprozesses und der Einheit des Lebensorganismus? Das ist doch nicht erkennbar. Im Gegenteil, es herrscht darin, so scheint es, die schönste Übereinstimmung. Es schien hiermit die Grundlage für eine Arbeitsteilung der Forscher gegeben, die nunmehr die Wissenschaft beherrschen sollte. Die einen beschäftigten sich mit der Erforschung der morphologischen Apparate der lebenden Wesen und suchten diese auf die Einheit der Zelle zurückzuführen. Das waren die Morphologen. Die anderen untersuchten die Kräfte der lebenden Wesen und strebten danach, alles das, was allen lebenden Wesen an Kraftentwickelung zukommt, zu begreifen. Ich will sie unter dem Namen der Mechaniker zusammenfassen, indem ich hier Mechanik, im weitesten Sinne gefaßt, meiner Benennung zugrunde lege. Ergab sich nun zwischen diesen beiden Klassen von Forschern eine steigende Übereinstimmung? Gelang es allmählich, aus dem Apparat, der allen lebenden Wesen nach den Ermittelungen der einen zugrunde liegt, die Kräfte abzuleiten, welche in ihrer Variation von den lebenden Wesen entwickelt werden? Das mußte der Fall sein, wenn diese Wissenschaften ihre

Schuldigkeit taten. Aber ich, der wie aus dem folgenden, dem historischen Abschnitt zu sehen sein wird, in meiner Stellung zwischen beiden Lagern stand, mußte mich bald überzeugen, daß das nicht der Fall war. Ich war histologischer Assistent an einem physiologischen Institut. Ich hatte mich mit morphologischen Aufgaben, mit den Methoden zu befassen, durch die in den lebenden Wesen die Zellen erforscht werden, und ich war in einer Atmosphäre, in der die physiologischen Probleme alle beschäftigten. Wenn die Kräfte unter dem Einfluß des Experimentes eine Veränderung erleiden, wie ist aus dem Apparate dieselbe abzuleiten, mußte ich fragen. Und was ist der Apparat überhaupt? Wenn der Physiologe die Änderung der Kraftentwickelung auf eine Zelle zurückführte, so hatte er eine bestimmte Art von Zellen im Auge, eine Muskelzelle, eine Drüsenzelle, eine Nervenzelle usw. Was ihm die Kraftentwickelung veranschaulichte, das war die besondere eigentümliche Organisation dieser Zelle, nicht das was allen Zellen gemeinschaftlich war. In der Regel aber hält sich der Physiologe nicht an eine Zelle, sondern an das ganze Lebewesen. Dessen Individualität, d. h. das ganze untrennbare Gesamtwesen war verantwortlich für die physiologische Reaktion. Eine bestimmte Zellenart mochte wohl durch ihre Veränderungen beitragen zu dem Resultat, aber das, was alle Zellen verbindet, der Blutstrom, die Nervenerregung sind wesentlich verantwortlich für das Verhalten der tierischen Organismen gegenüber den Reizen. Sind nun die bestimmten Organisationen, welche in den einzelnen Zellen wahrzunehmen sind, dasjenige, was dem Leben zugrunde liegt? Sind sie nicht bloß Apparate, welche für die Ausführung bestimmter Funktionen von der Zelle ausgebildet werden? Wie kommt es, daß die Zelle dieselben ausbildet? Und die Gesamtheit der Funktionen des Lebens, auf die er immer wieder zurückkommt, wie leitet der Physiologe diese aus der Einheit des Lebens, aus der Zelle ab? Was bietet ihm die Zelle zur Erklärung des Kreislaufs, der Atmung, der Gehirntätigkeit? Was hat er anderes als Wünsche und Hoffnungen, gegenüber dem Entstehen und Vergehen, dem Wachsen und Altern, dem Lieben und Hassen der lebenden Wesen? Kein Wunder, daß sich der Physiologen eine wachsende Niedergeschlagenheit gegenüber ihrer Aufgabe bemächtigte, die ihren prägnantesten Ausdruck fand, in dem berühmten Ignoramus, Ignorabimus

von Du Bois-Reymond.[1]) Die Morphologen dagegen eroberten in einer Art von Siegeszug den gesamten Aufbau des Körpers, den sie aus der Eizelle ableiteten. Immer mehr vergrößerte sich der Abstand zwischen beiden Richtungen, immer unheilvoller wurde die Kluft für denjenigen, der auf dieser zwiespaltigen Basis seine Kenntnis der Schicksale des menschlichen Organismus aufbauen sollte, für den jungen Mediziner. Sollte nicht die Unfruchtbarkeit durch die Trennung selbst verschuldet sein? Aber was war verständiger, als daß der eine sich in den Bau des Apparates, der andere in seine Funktionen vertiefte? Bedurfte es doch aller Kräfte eines Menschenlebens für das eine wie das andere, und die Methoden, die Hilfsmittel waren so verschieden. Diese Trennung in den Bau und die Funktionen, beruhte auf einer Trennung von der Kenntnis der Formen und der Kräfte, die uns Menschen in allem was wir machen, in allem was wir tun, natürlich ist. Sie beruht auf unserer eigenen Organisation, unseren Sinnen, unseren Bewegungen. Aber die lebenden Wesen nehmen doch eine Sonderstellung ein gegenüber den übrigen Erscheinungen in der Natur. In ihrer Erklärung erwächst uns eine neue Aufgabe. Sollte da auch die alte Trennung in Formen und in Kräfte sich noch bewähren? Nicht auf das was die Erfahrung uns bietet, müssen wir zurückkommen, aber wir müssen diese Erfahrung einer Kritik unterwerfen. Wir müssen sehen ob die Elemente, die wir in dieser Erfahrung finden, nicht einer anderen Kombination fähig sind. So gelangte ich zu dem Gedanken, daß es vielleicht eine Beziehung der Kräfte und Formen sei, durch die sich die Entfremdung, der Gegensatz zwischen Mechanikern und Morphologen aus der Welt schaffen und eine Erklärung des Lebens finden lasse.

---

6. Kräfte und Formen.

Wenn ich eine Schnecke sehe, so erwarte ich die sprichwörtliche Langsamkeit ihrer Bewegungen als etwas Selbstverständliches. Und ebenso ist mir eine große Schnelligkeit gegenwärtig, wenn ich an ein Rennpferd denke. Ein Hund erweckt in mir neben vielem

---

[1]) Du Bois-Reymond, Über die Grenzen des Naturerkennens. Verh. d. Ges. deutsch. Naturf. u. Ärzte. Leipzig 1872.

anderen die Vorstellung des Bellens und ebenso die Katze die des Miauens. Das beruht nicht bloß auf einer Beurteilung der uns sichtbaren Organe und ihrer Leistungsfähigkeit, sondern wir sehen einen Paläontologen ausgerüstet mit nichts anderem als einem Kiefer eines vorweltlichen Tieres Auskunft über die Eigenschaften des Trägers desselben geben, obgleich weder er noch irgend ein anderer Zeitgenosse jemals denselben gesehen. Es beruht das auf der Einteilung der Tiere in gewisse Ordnungen, Familien und Arten, die uns Aufschluß geben über die Lebensweise, die Lebensäußerungen derselben. Und diese Einteilung beruht auf körperlichen Merkmalen, z. B. auf dem Gebiß. Sie gibt aber auch Auskunft über die Lebensäußerungen, die wir zu erwarten haben. Die körperlichen Merkmale sind Formen des Körpers, die Lebensäußerungen sind Kraftentwickelungen. Zwischen beiden besteht bei den lebenden Wesen ein so inniges Band, daß wir uns gar nicht anders denken können, als daß der Hund bellt, der Hahn kräht, der Vogel fliegt usw. Ist dieses Band nun für die lebenden Wesen charakteristisch? Oho, werden wir da sagen, wir kennen doch dieselbe oder eine ganz ähnliche Beziehung auch bei anderen Dingen, bei Maschinen. Wir erwarten auch nicht von einer Lokomotive eine andere Kraftentwickelung, als daß sie fährt, oder von einem Luftballon, als daß er fliegt usw. Gibt es aber nicht doch einen Unterschied zwischen dieser Verknüpfung von Formen und Kräften bei Maschinen und jener bei lebenden Wesen? Bei den Maschinen trennen wir doch ganz bestimmt den Bau der Maschine von ihrer Kraftentwickelung. Wir setzen voraus die Maschine ist von Jemand gemacht worden, diese Formen, welche sie bilden, sind durch Kräfte, die auf sie verwendet worden, hergestellt. Und diese Kräfte sind ganz andere als die, welche die Maschine entwickelt. Bei den lebenden Wesen aber existiert diese Trennung zwischen den Kräften, durch die die Formen gebildet werden und den Kräften, welche sie entwickeln, nicht. Wenn das Wort „la vie c'est la création et la mort“ richtig ist, dann ist es derselbe Vorgang, welcher eine Form bildet und die Kraft entwickelt. Diese Kraftentwickelung aber zerstört die Form, denn sie geschieht auf Kosten derselben. Jenes ist die Schöpfung, dieses der Tod. Nirgends sehen wir diese Verbindung deutlicher ausgeführt als bei dem Muskel. Der geübte Muskel wächst. Üben heißt Kraftentwicke-

lungen von dem Muskel verlangen und die Kraftentwickelungen erfolgen auf Kosten der Substanz des Muskels. Trotzdem wächst derselbe, d. h. seine Formen bilden sich immer kräftiger und deutlicher aus. So ist das deutliche Band, welches Kraft und Form in den lebenden Wesen umschlingt, in seinen ersten Umrissen bezeichnet. Kraft wird von der Form geliefert und bildet wieder die Form. Aber einsehen können wir das an den komplizierten lebenden Wesen nicht näher. Wir müssen uns zuerst umsehen, ob wir nicht auch in der anorganischen Natur bei den einfachen Bildungen eine solche Beziehung finden. Lange Zeit hat man sie ganz ignoriert, aber allmählich beginnt man einzusehen, daß sie auch in den allereinfachsten Verhältnissen sich findet. Wie denn?

Wenn ich die Eigenschaften des Kochsalzes studieren will z. B. ist es gleichgültig, ob das Stück, das ich nehme, eine dreieckige oder viereckige Form hat. Auf das Gewicht, auf die Menge kommt es an, nicht aber auf die Form, die beachte ich gar nicht. Es werden ja die Eigenschaften, auf deren Studium es nur ankommt, erst zur Geltung gebracht, wenn die Moleküle des Salzes isoliert sind. Auf die Zahl der Moleküle, auf die Eigenschaften des einzelnen Moleküls, auf die Summe, die sich aus der Kombination dieser beiden Faktoren ergibt, habe ich zu achten, nicht aber auf die Art und Weise, wie die Moleküle zu einer Form verbunden waren. Aber ist diese Art und Weise so ganz gleichgültig? Entspricht unsere Beurteilung nicht eigentlich noch einer unvollkommenen Kenntnis der Eigenschaften der Dinge? In der Entwickelung der Naturwissenschaften müssen wir unterscheiden einen Zustand, in dem die Eigenschaften des einzelnen Moleküls und ihre Zahl das unseren Kenntnissen allein zugängliche war. Der Satz „Corpora non agunt nisi soluta“ bezeichnet die Herrschaft dieses Zustandes. Daraus aber folgt nicht, daß nicht eine weitere Entwickelung stattfinden könne, in dem auch die Verteilung der Moleküle im Raume eine deutliche kausale Bedeutung für uns gewinnen könne. An dem Übergang der einen Epoche in die andere stehen wir jetzt. Da ist zunächst die auffallende Art der Verbindung der Moleküle in den Kristallen. Abgesehen von dem Kopfzerbrechen, welches das Fragen nach der Ursache, nach den Gesetzen dieser Verbindung bei den Spezialisten den Kristallographen, den Mineralogen, den Physikern verursacht, ist es die Erfahrung, daß diese Verbindung

einen gewissen Einfluß auf andere Kräfte hat, welche die Forscher zu beschäftigen beginnt. Warum hat der kohlensaure Kalk andere Eigenschaften je nachdem er als Arragonit, als Kalkspat, als Marmor oder als Kreide erscheint? Die Verschiedenheit der Eigenschaften verraten sich in ihrer Wirkung auf das Licht und in einer Form, als Kalkspat, leistet der kohlensaure Kalk dabei uns besondere Dienste. Dann haben wir den Kohlenstoff als Kohle, als Graphit, als Diamant, den Schwefel als gewöhnlichen oder rhombischen Schwefel und als prismatischen oder monoklinen Schwefel, den roten und den gelben Phosphor. Die Kristallform deutet auf die Art der Verbindung der Moleküle hin, die Wirkung auf das Licht bestätigt, daß es sich um den Weg handelt, der für das Licht zwischen den Molekülen freibleibt. Und die Verschiedenheit dieser Verbindung bedingt die Verschiedenheit anderer Eigenschaften. Sehen wir von den Wirkungen auf das Licht ab, so schmilzt der rhombische Schwefel bei 144,5° C., der monokline bei 120°. Der erstere hat ein spezifisches Gewicht von 2,07, der letztere von 1,96. Der gelbe Phosphor ist sehr giftig, der rote ist es nicht. Die Art der Verbindung der Moleküle hat also gewisse Einflüsse, gewisse Wirkungen, die sich vor allem im Bereich der lebenden Wesen offenbaren und schon beginnt es uns aufzudämmern, daß hier etwas neues in den Brennpunkt wissenschaftlicher Betrachtung zu rücken beginnt, was man seither nicht beachtete. Die erste Frage war nun, weshalb findet denn eine solche verschiedene Verbindung der Moleküle untereinander statt, oder mit anderen Worten: weshalb gibt es allotrope Modifikationen desselben Stoffes? Die Antwort hierauf erhielt man zunächst bei dem Sauerstoff. Die beiden allotropen Zustände des Sauerstoffs das Ozon und der gewöhnliche Sauerstoff sind darauf zurückzuführen, daß in dem einen drei, in dem anderen zwei Atome Sauerstoff zu einem Molekül verbunden sind. Würden diese Moleküle sich untereinander gruppieren, wie wir das in einem Kristall annehmen müssen, so würden die Kristalle in beiden Fällen verschieden sein, denn die Gestalt der Moleküle ist verschieden. So führt man die allotropen Modifikationen der verschiedenen Stoffe auf die verschiedene Zahl, in der die Atome sich im Molekül vereinigen, auf die Gestalt und Größe der Moleküle zurück. Und damit sind wir der Ursache der Form einen Schritt näher gerückt. Bei den Kristallen beruht die

Ursache der Form in der Gestalt des Moleküls und diese wieder in der Zahl und Gruppierung der Atome im Molekül. Damit aber kommen wir schon den Kräften näher, denn die beruhen auch auf der Gruppierung der Atome. Aber ist es nicht voreilig, von einer Gestalt der Moleküle zu sprechen? Von einer anderen Seite erhalten wir dazu die Autorisation. Denn die Chemie hat sich, um die Verschiedenheit isomerer Verbindungen zu erklären, schon vor einiger Zeit genötigt gesehen, die Lage der Atome im Raume innerhalb des Moleküls in Betracht zu ziehen. Ja sie ging sogar von der Gestalt eines Atoms, des Kohlenstoffatoms aus. Diesem verlieh sie die Form eines Tetraeders und sie erklärte, daß es die Verschiedenheit einer Verbindung bedinge, ob der Sauerstoff zu diesem Kohlenstoff rechts oder links gelagert sei, wenn alle Ecken des Tetraeders, d. h. des Kohlenstoffatoms durch verschiedene Atome oder Atomgruppen besetzt seien. So schuf sie die Stereochemie, d. h. die Lehre von der Anordnung der Atome im Raume innerhalb eines Moleküls. Es ist nichts anderes als die Form des Moleküls, welche hier erörtert wird und diese Form wird mit verantwortlich gemacht für die Kräfte, die das Molekül entwickelt. Wie die Form des Moleküls aber jene andere Form bedingt, welche die Verbindungen von Molekülen, die Kristalle einnehmen, haben wir oben gesehen und wir empfangen mit einem Male eine merkwürdige Bestätigung der Beziehung, welche zwischen der Gruppierung der Atome im Raume innerhalb des Moleküls und der Gruppierung des Moleküls innerhalb des Kristalls durch die Versuche Pasteurs[1]) von denen bald näher gesprochen werden soll. Einstweilen scheint ein weiter Schritt zwischen den Kristallen, diesen Typen des Starren, Unbeweglichen und den lebenden Wesen, diesen Typen der Veränderlichkeit. Und doch gibt es zwischen beiden eine merkwürdige Beziehung. Die Grundlage der lebenden Wesen wird von den Kolloiden gebildet. Die Erfahrung setzt diese in einen Gegensatz zu den Kristalloiden, denn die Kristalle diffundieren, die Kolloide tun es nicht. Aber die Kristalloide diffundieren auch nur, wenn sie gelöst werden, wenn ihre Moleküle sich isolieren und beweglich werden. Und zwischen dieser Isolation, die durch die

---

[1]) **Pasteur, Recherches sur la dissymétrie moléculaire des produits organiques naturels. Paris 1860/61.**

echte Lösung bedingt ist, und dem festen ruhenden Zustande stellen die Kolloide eine Art Vermittelung dar. Denn in den Kolloiden haben wir nicht isolierte Moleküle vor uns, sondern Molekülgruppen, welche in den Lösungsmitteln nur suspendiert sind, sie teilen mit den gelösten Stoffen die leichte Verschiebbarkeit im Wasser, mit den Kristallen die Beziehungen, die aus der Verbindung der Moleküle zu Gruppen resultieren. Und diese Gruppen können größer werden und der Ausscheidung, dem Festwerden sich nähern, oder sie können zerfallen und dann in die echte Lösung übergehen. So stehen die Kolloide auf dem Punkte, wo sie den Kristallen ähnlich werden, d. h. wo alles in ihnen auf die Verbindung der Moleküle ankommt oder wo sie in Lösung übergehen können, wo alles auf die Kräfte ankommt, die bei dem Zerfall frei werden. Die Verbindung der Moleküle bedingt die Formen, der Zerfall der Moleküle in Atome bedingt die Kräfte und indem die Kolloide auf dem Übergang zwischen beiden stehen, indem sie die Grundlage der lebenden Wesen bilden, sehen wir ein, wie in den lebenden Wesen eine eigentümliche Verschlingung von Formen und Kräften zum Ausdruck kommen muß.

7. Die Zellularpathologie und die neuesten Fortschritte der Infektionslehre.

Ich hatte nicht umsonst ein Jahr lang in Virchows Institut gearbeitet und das Entzücken, welches dessen herrliches Buch über die Zellularpathologie bereitet, war nicht ganz aus meinem Gedächtnis verschwunden. Immer wieder klang mir der Mahnruf in den Ohren, warum schreibt man nicht eine Zellularphysiologie? Das wollte heißen, warum führt man nicht die verschiedenen Kraftentwickelungen, welche der gesunde Organismus zeigt, ebenso auf die normalen Zellen zurück, wie Virchow die pathologischen Erscheinungen auf die veränderten Zellen zurückgeführt hat? Wenn ich mich in diese Aufgabe im Geiste vertiefte, wurde mir der im vorletzten Kapitel erörterte Zwiespalt in der Auffassung der Zelle immer deutlicher. Der Physiologe sah die Zelle als einen Apparat an, den sich der Organismus geschaffen. Er konzentrierte sich auf ein bestimmtes Kapitel in der Physiologie und er untersuchte, inwiefern der Apparat arbeiten müsse, mit dem er in diesem Kapitel

zu tun habe, um die gemessenen Kraftentwickelungen zu leisten. Der Histologe dagegen betrachtete die Zelle als den Schöpfer des Organismus. Er untersuchte, inwiefern die Zelle die Eigenschaften besäße, um aus ihr die Formen des Organismus abzuleiten. Welcher von beiden hatte recht? Wurde das entschieden durch die Zellularpathologie? Etwas ketzerisch wurden meine Gedanken, als ich mir die Frage vorlegte, was hat Virchow mit ihr eigentlich geschaffen? Er hat gefunden, daß bei bestimmten Krankheitsformen bestimmte Zellveränderungen vorliegen. Und er hat weiter diese Zellveränderungen als die Ursachen der Krankheitsformen angesprochen. Das ist ganz im Sinne des Histologen gesprochen, denn die Zelle ist ja der Schöpfer des Organismus und der Organismus ist der Schöpfer des Lebens. Das ist weiter unzweifelhaft richtig, die veränderten Zellen sind wirklich die Ursachen der veränderten Kraftentwickelung. Aber ist es auch alles? Ich fürchte fast, man wird mich mißverstehen, wenn ich sage, das Gegenteil davon ist gerade ebenso wahr. Die veränderten Kraftentwickelungen sind die Ursachen der Veränderungen der Zellen. Gewiß ein verfetteter Muskel z. B. ist die Ursache, daß ein Organismus eine bestimmte Muskelkraft einbüßt, aber ebenso wahr ist es, daß wenn eine bestimmte Kraftentwickelung nicht aus dem Muskel verschwunden wäre, so wäre er nicht verfettet. Ich will Virchows Verdienste nicht schmälern, indem ich das sage. Wenn man den Zustand der Pathologie wie er vor ihm war, vergleicht mit dem, was sie unter seiner Leitung geworden ist, erkennt man die Größe seiner Leistung. Und er hatte auch vollkommen recht, daß er die Veränderungen der Zellen als die Ursachen der Krankheitserscheinungen ansah. Das war ein Standpunkt, den die Wissenschaft einmal einnehmen mußte, eine Weise, die Dinge zu betrachten, die für die Erkenntnis notwendig war. Aber schon zu Virchows Lebzeiten rollte der ins Rollen gekommene Marmorblock weiter. Es läßt sich ja nicht abweisen, daß die Zellveränderungen auch als Wirkungen aufzufassen sind. Sie sind ja nichts Unerklärliches, wenigstens kann die Wissenschaft nicht dabei stehen bleiben, sie als unerklärlich anzusehen. Und so erhebt sich die Frage nach ihrer Ursache. *Das* ist eigentlich die Krankheit, *das,* was die Zellen verändert, nicht die veränderten Zellen sind es. Wie die Kräfte durch die Krankheit verändert werden, so auch die Formen. Hinter

beiden Veränderungen steckt dieselbe Ätiologie. Es ist vielfach mißverstanden worden, daß Virchow gegenüber diesen Fortschritten der Ätiologie sich ablehnend verhielt. Er erkannte nur gezwungen, das, was sich nicht leugnen ließ, an. Es war das nicht etwa die versteckte Eigenliebe des Mannes, der nicht will, daß sein Lebenswerk von neuen Entdeckungen in Hintergrund gedrängt werde. Das hatte er nicht nötig, denn sein Lebenswerk beseelte so sehr die ganze Wissenschaft, von ihm zehrten ja auch alle die neuen Entdecker, so daß von einem Zurückdrängen der Zellularpathologie nicht die Rede sein konnte. Es war das nur eine Konsequenz seines Standpunktes, daß er von anderen Ursachen der Krankheiten, als den Veränderungen der Zellen nichts wissen wollte. Und die neue Entwickelungsphase der Wissenschaft, welche diese Veränderungen selbst nicht als Ursachen, nein als Wirkungen der Krankheit betrachtete, erhob sich langsam vor ihm, um ihn, hinter ihm, aus seinem eigenen Werk heraus. Diese neue Entwickelungsphase, in der wir jetzt mitten drin stehen, hat als Ursachen der Krankheiten eine neue Gattung von Lebewesen, die Bakterien und Kokken, die Organismen der Infektion gebracht. Zuerst reihte man diese neuen Wesen auch unter die Zellen, teils aus Pietät gegen die Zellularpathologie, teils weil man sich unter der Herrschaft der Zellentheorie eine andere Organisation eines lebenden Wesens als nach dem Zellenschema nicht denken konnte. Bald aber mußte man sich sagen, entweder wir bezeichnen etwas vollkommen Unbestimmtes mit dem Namen Zelle oder diese Wesen sind keine Zellen. Alle Kriterien, die wir seither für Pflanzen- oder Tierzellen aufgestellt hatten, ließen gegenüber vielen Bakterien oder gar Kokken im Stich. Mich überraschte es nicht, daß man als Ursache der Krankheiten lebende Wesen entdeckte. Denn die rasche Veränderung der Kraftentwickelung wie die Veränderung der Zellen konnte nur bewirkt werden durch etwas was selbst die Hilfsmittel des Lebens besaß. Aber was ist das Leben, fragte ich mich hier wieder, was ist sein einfachstes Substrat? Die Zelle kann es nicht sein, denn jenseits der Zelle lehrt uns das Mikroskop noch eine Fülle der Lebewesen kennen. Die ganze Natur ist von ihnen erfüllt, das Wogen ihres Lebens, seine Rivalität mit dem unseren, den Nutzen, den Schaden, den sie uns bieten, lernen wir von Tag zu Tag mehr verstehen. Was ist das Eigentümliche, das Charakte-

ristische, das auch dem einfachsten Leben zugrunde liegt, und wie baut sich von ihm aus bis zur Zelle, bis hinauf zu den mehrzelligen Wesen der Kreis der Formen und Kräfte auf?

8. Kriterien des Lebens.

Woran aber soll man erkennen, was lebt, wenn die Zelle nicht die morphologische Einheit des Lebens ist? Und wenn die Fülle der Lebewesen, welche die Natur durchdringen, eine so ungeheure ist, daß wir auf Schritt und Tritt, in Gebieten, auf denen wir es früher nicht ahnten, ihrem Wirken begegnen, müssen wir da wirklich annehmen, daß dies ein einheitlicher, charakteristischer Vorgang ist? Ist es nicht viel mehr wahrscheinlich, daß es sich um eine Fülle von untereinander verschiedenen Einzelvorgängen handelt, wie wir sie in der Natur ja in der größten Mannigfaltigkeit treffen? Sollte wirklich eine Ähnlichkeit, eine innere Gemeinschaft existieren zwischen dem, was ein Bakterium, das in der Ackererde lebt, tut und leidet und unserem eigenen Leben? Früher einmal in einem Aufsatz, den ich in der Nation[1]) veröffentlichte, habe ich versucht eine Antwort auf diese Fragen zu geben, indem ich Kriterien des Lebens aufstellte. Es waren sieben an der Zahl. Sie lauteten:

1. Das, was wir außerhalb uns wahrnehmen ist nur insofern als Leben anzuerkennen, als es unserem eigenen Zustand gleicht.
2. Lebende Wesen bewegen sich aus inneren Kräften.
3. Lebende Wesen sind reizbar.
4. Lebende Wesen besitzen eine Einrichtung, durch welche die Bewegungen, die sie auf Reize ausführen, variiert werden können.
5. Lebende Wesen sind anpassungsfähig, d. h. sie verändern sich unter dem Einfluß ihrer Umgebung in dem Sinne, daß ihr Leben erhalten bleibt.
6. Lebende Wesen durchlaufen einen gesetzmäßigen Zyklus von Zuständen, durch den sie in einer bestimmten Reihenfolge umgeformt werden.
7. Lebende Wesen erzeugen sich selber.

[1]) J. Gaule, Die Kriterien des Lebens. Nation, IX. Jahrg., No. 8.

Ich ging dabei aus, nicht von der wissenschaftlichen, objektiven Erkenntnis der Gesetze, sondern von der subjektiven Anschauung der Menschen von der Welt und den Dingen. Aus dieser subjektiven Anschauung heraus gestaltet sich zuerst die wissenschaftliche Erkenntnis durch die Erfahrung, durch manche Enttäuschung vermittelt. Die subjektive Anschauung nun sagt dem Menschen zuerst „Das bin ich und ich lebe". Sie führte dann weiter zu der Entdeckung, daß unter den Dingen, die außerhalb des Ichs sich finden, den „Nichtichs" auch manche sind, die eine gewisse Ähnlichkeit mit dem Ich haben und andere wieder, die diese Ähnlichkeit nicht haben. Inwiefern berechtigt diese Ähnlichkeit zu einer Zusammenfassung in eine Klasse und in **eine** Klasse mit dem Ich? Das war die Frage, die ich mir bei Aufstellung der Kriterien vorlegte. Nun ist eine Abgrenzung der Klasse „lebende Wesen" nach drei Richtungen notwendig. Erstens muß das lebende Wesen unterschieden werden von dem toten, von der Leiche. Alle anatomischen, alle histologischen Einrichtungen, alle Formen sind ja bei der Leiche dieselben wie beim Lebenden, worin besteht denn der Unterschied? Dann kann es zu einer Verwechslung der lebenden Wesen, mit seiner Nachbildung, dem Automaten kommen. Wodurch unterscheiden sich die beiden? Endlich handelt es sich darum, die ungeheure Zahl von lebenden Wesen in der Natur zu trennen, von den unbelebten. Was ist da das eigentlich Charakteristische?

Das zweite Kriterium bezieht sich auf den Unterschied von lebendem Organismus und Leiche. Das dritte, vierte und fünfte auf den von dem Automaten. Das sechste und siebente endlich sollen den Bereich der lebenden Wesen abgrenzen gegen das Reich der unbelebten. Sie werden den Vorgang des Lebens in dem Sinne, wie er den Gegenstand dieser Theorie bildet, charakterisieren. Denn um das Leben als reizbar, als eine Einrichtung besitzend, welche die Bewegungen variiert, die auf Reize ausgeführt werden, als anpassungsfähig erkennbar darzustellen, ist eine gewisse Komplikation erforderlich. Und diese Komplikation ist bei den einfachsten Lebensformen noch nicht vorhanden. Wir können freilich unsere Ansprüche auch herabstimmen, wir können es schon als eine Anpassung ansehen, wenn eine Lösung etwas zum zweitenmal besser macht als zum erstenmal. „Sie hat es schon gelernt", rief

W. Ostwald[1]) auf der Hamburger Naturforscherversammlung aus, als er diesen Versuch zeigte. Aber wenn wir unsere Anforderungen an diese Kriterien so herabstimmen, dann sind sie nicht mehr bloß auf lebende, dann sind sie auch auf unbelebte Wesen anwendbar, wie das Beispiel zeigt. Freilich gerade diese Beziehung, die unbelebte Wesen zu belebten zeigen, hat für den, der nach den Ursachen des Lebens sucht, seinen besonderen Reiz, aber der Zweck, das Lebende gegen alles Unbelebte abzugrenzen, wird auf diese Weise nicht erreicht. Nur die beiden letzten Kriterien lassen keine Abschwächung zu und sie erfüllen vollkommen den Zweck, alles Lebende von allem Unbelebten abzutrennen. Man kann sie auch in ein einziges Kriterium zusammenziehen, wie ich das im Jahre 1886[2]) tat und sagen, das Leben verläuft in einem Zyklus, einem Kreis. Jeder Punkt dieser Kreislinie ist gleichzeitig das Produkt, die Fortsetzung, das Kind des seitherigen Verlaufs der Linie und der Vater des Kommenden. So entspricht dieses Kriterium auch den Worten Claude Bernards „La vie c'est la création et la mort". Denn wie für den Verlauf des Lebens als Ganzes, so gilt auch für jeden einzelnen Akt desselben, daß es zyklisch ist. Jede Handlung zerstört einen Teil des lebenden Wesens, indem sie seine Materialien verbraucht „c'est la mort" und in jedem Augenblick wieder bildet sich das lebende Wesen, um gerüstet zu sein für das was ihm im nächsten Augenblick bevorsteht, „c'est la création". Dieses Kriterium des Zyklus könnte auch denen zu Hilfe kommen, welche sich in neuester Zeit bemühen wie E. von Hartmann einen durchschlagenden Unterschied zwischen Belebtem und Unbelebtem aufzufinden. Gewiß, wir lernen mehr und mehr die Bewegungen, die Formen, ja das Wachstum und die Reizbarkeit der belebten Substanz nachahmen, aber können wir auch Wesen schaffen, deren Dasein wirklich zyklisch verläuft, die sich selbst erzeugen? „Nein." Damit ist der Unterschied gegeben.

[1]) W. Ostwald, Über Katalyse. Verhandlgn. der Ges. d. Naturf. u. Ärzte Hamburg. Leipzig 1901.

[2]) J. Gaule, Die Stellung des Forschers gegenüber dem Problem des Lebens. Leipzig 1887.

9. Neovitalismus.

Mannigfaltig sind natürlich die Bemühungen gewesen das Leben zu verstehen, über es wenigstens etwas auszusagen. Ich lasse alle diese Theorien unberührt, welche als Erklärung des Lebens angeben, daß es eine besondere, der Erkenntnis sich entziehende Kraft gebe, welche hinter dem Leben stände, die Lebenskraft. Über andere Theorien, wie die Nägeli'sche,[1] welche aussagte, daß das Leben auf eigentümlichen Schwingungen der beteiligten Atome beruhte, ist die Wissenschaft weggeschritten. Denn die kinetische Theorie der Chemie, welche seitdem Eingang gefunden, nimmt an, daß eigentümliche Schwingungen der chemischen Natur jedes Atoms entsprechen, also nicht eine Besonderheit des Lebens sind. Dagegen hat mich von allen Theorien des Lebens am meisten angezogen die neueste oder eine der neuesten die von Reinke. Und zwar nicht bloß deshalb, weil sie eine der am gründlichsten durcharbeiteten ist, sondern vor allem weil ich im Widerspruch gegen sie am schnellsten klar machen kann, worauf es bei meiner Vorstellungsweise hauptsächlich ankommt.

Ich gehe dabei aus von der Formulierung der Theorie des Lebens, welche Reinke[2]) auf der Hamburger Naturforscherversammlung in dem Vortrag unter dem Titel „Über die in den Organismen wirksamen Kräfte" seiner Theorie gegeben hat. Ziegler,[3]) der auf dieser Versammlung gleichfalls einen Vortrag hielt, bezeichnete darin Reinke als das Haupt der Neovitalisten und sah in seinem Vortrag die Zusammenfassung der von dieser Schule gehegten und ausgebildeten Vorstellung von dem Leben. Reinke teilt alle in den lebenden Wesen vorhandenen Kräfte in zwei Klassen, die Energien und die Dominanten. Die ersteren sind die dienenden, die anderen die herrschenden Klassen. Die ersteren sind, uns Physiologen namentlich, wohlbekannt. Sie gehorchen dem Gesetz der Erhaltung der Kraft, sie lassen sich nach Kalorien messen, sie sind es, über welche wir Physiologen die Kraftbilanz des Organis-

---

[1]) Nägeli, Theorie der Gärung. München, Akad. Abhdlgn. 13, 1880.

[2]) Reinke, Über die in den Organismen wirksamen Kräfte. Verhandlgn. d. Naturf. u. Ärzte. Hamburg 1901.

[3]) Ziegler, Über den heutigen Stand der Deszendenzlehre. Verhandlgn. d. Naturf. u. Ärzte. Hamburg 1901.

mus aufgestellt hatten. Anders ist es mit den Dominanten, sie sind die herrschenden, den Energien überlegenen Kräfte. Sie gehorchen nicht dem Gesetz der Erhaltung der Kraft, überhaupt nicht bekannten Naturgesetzen. Was sind sie denn? Der Begriff ist hergenommen von der Maschine. Der Erbauer der Maschine folgt einer Idee bei dieser Erbauung, der Idee einer gewissen Arbeitsleistung seitens der Maschine.

Die Maschine wird so gebaut, daß sie eine gewisse Arbeit leisten kann während dem, was wir ihr Leben nennen wollen. Diese Idee ist die Dominante der Maschine. Lebende Wesen sind nach Cartesius auch Maschinen. Sie leisten eine gewisse Arbeit, das sind die Energien, die sie entwickeln. Aber bei ihrer Bildung präsidieren die Dominanten, die Ideen, die ihr Erbauer, ihr Schöpfer in sie hineingelegt hat. Daß diese Dominanten etwas ganz anderes sind als die Energien, leuchtet für den, der das Leben vom rein menschlichen Standpunkt betrachtet, ohne weiteres ein. Es ist doch ein Unterschied zwischen der Kraft der Verwandtschaft von Kohlenstoff und Sauerstoff, die als Energie die Maschine treibt und der geistigen Kraft des Ingenieurs, welcher die Maschine baut. Vom rein menschlichen Standpunkt? Ja gibt es denn einen anderen für uns als den rein menschlichen Standpunkt? Ja es gibt einen anderen — den wissenschaftlichen. Vom rein menschlichen Standpunkte aus nehmen wir an, daß in der Welt alles so vor sich gehe, wie wir es machen würden mit unseren menschlichen Kräften, Gehirnen und Händen, Nerven und Muskeln. Wir sehen die lebenden Wesen an als Maschinen, weil wir Maschinen bauen, wir sehen hinter diesen Maschinen einen Ingenieur, der seine Dominanten in sie hineinlegt, weil wir so verfahren. Vom wissenschaftlichen Standpunkt aus machen wir keine solche Voraussetzungen. Wir suchen nicht das, was in der Welt ist, zu erklären durch das, was der Mensch macht, sondern umgekehrt, das, was der Mensch macht, durch das, was in der Welt ist. Daß wir Maschinen bauen, erscheint uns nicht als Erklärung geeignet für die lebenden Wesen, die in der Welt existieren, sondern umgekehrt, die Tatsache des Bauens von Maschinen ist das, was als Gipfel einer Theorie des Lebens erscheint. Es ist die höchste Leistung der lebenden Wesen, und nicht beim kompliziertesten fängt die Wissenschaft an sondern beim einfachsten. Sie geht den umgekehrten Weg, den man vom

rein menschlichen Standpunkt ausgehen würde und den wir bei der Betrachtung dieser Dinge in der Regel gehen, seither immer gegangen sind.

Aber muß denn nicht Reinke recht haben, ist es denn überhaupt anders möglich, als daß die Dominanten und die Energien verschiedene Arten von Kräfte sind? Wie kann man sich den Bau der lebenden Wesen, ihre wundervolle zweckmäßige Einrichtung, in eine Kategorie bringen mit der Kraft, die etwa eine Maschine leistet, und die wir als Pferdekraft messen? Ja gleich sind die beiden freilich nicht, aber ob sie nicht beide in die Reihe der unter den uns bekannten Naturgesetzen stehenden Vorgänge fallen, ist eine andere Frage — eine Frage, die uns jetzt beschäftigt. Aus ihr wird sich der ganze Unterschied zwischen Reinkes und meiner Auffassung deutlich ergeben. Es ist nicht schwer zu erkennen, wo die Übereinstimmung zwischen uns beiden liegt. Die Dominanten Reinkes bestimmen die Einrichtungen des Körpers. Wie nach dem Beispiel, welches ich um sie zu veranschaulichen anführte, die Dominanten, welche der Ingenieur aussinnt, das Gerüst, die Apparate der Maschine beherrschen, so die Dominanten der lebenden Wesen den Bau des Körpers. Und das entspricht dem, was ich früher als die Formen bezeichnet habe. Reinke sieht, wie ich, eine Eigentümlichkeit der lebenden Wesen in dem Nebeneinanderbestehen der Dominanten und Energien, der Formen und der Kräfte. Aber was uns unterscheidet, ist das Folgende. Reinke hält die Dominanten und die Energien als etwas ganz Unversöhnliches auseinander. Die letzteren gehorchen dem Gesetz der Erhaltung der Kraft, sie entsprechen den Vorgängen in der Natur, welche wir wissenschaftlich ergründen, die ersteren nicht. Daher die Bezeichnung seiner Theorie als vitalistische, er stellt das was die lebenden Wesen charakterisiert auf einen besonderen wissenschaftlich nicht zu erforschenden Boden. Und weil die vitalistische Erklärung der lebenden Wesen ohne alle Angabe des Grundes, warum sie unerklärbar seien, schon da war, heißt sie neovitalistische. Ich dagegen sehe nur einen solchen Grund. Dieser Grund liegt darin, daß es nicht gleichgültig ist, **wie** die materiellen Teilchen im **Raume** gruppiert sind und daß aus dieser Gruppierung, aus der räumlichen Anordnung sich besondere Kräfte ergeben. Soll ich meine Theorie im Gegensatz zu der Reinkeschen die materialistische nennen? Ich

glaube, das wäre nicht richtig. Unter Materie hat man die stofflichen Teilchen im Raume verstanden. Auf ihre Wirkung allein aber kommt es für die Erklärung der lebenden Wesen nicht an, sondern auf ihre Gruppierung, ihre Lagebeziehung im Raum, ihre Form. Das aber ist nicht materialistisch. Ebensowenig möchte mechanistisch die richtige Bezeichnung sein. Denn aus einem Bestreben, die Resultate der Mechaniker mit denen der Morphologen zu versöhnen, ist die Theorie hervorgegangen. Am ehesten erscheint mir noch die Bezeichnung *monistisch* zutreffend. Und zwar sowohl in dem alten Sinne, wo monistisch die Vereinigung von Materie und Idee bedeuten sollte, wie in dem modernen, wo es die Vereinigung von Kraft und von Form ausspricht.

Wie weit die beiden voneinander entfernt sind, übersehen wir am besten, wenn wir einen Moment lang den Reinkeschen neovitalistischen Standpunkt dem alten und mittelalterlichen gegenüberstellen. Nach Hippokrates schöner Vorstellung entfloh mit dem letzten Atemzug die belebende Seele dem Menschen. Der „λογος" kehrte zu dem alles umfassenden Welt λογος zurück. Das ganze Mittelalter hat im Grunde an dieser Anschauung festgehalten. Ein verkleinertes Etwas, was dem Menschen gleicht, was weiß oder schwarz ist, je nach der moralischen Würdigung, die es erfährt, entringt sich dem Munde des Sterbenden auf den Bildern mittelalterlicher Maler. Und die Teufel oder die Engel erfassen es. Die Seele geht in den Himmel oder in die Hölle. Der Körper bleibt leblos zurück. Nach Reinke aber würde der *Körper* ja die Dominanten enthalten, das eigentlich Übersinnliche, das Lebendigmachende, das Leben Charakterisierende. Sie würden tot zurückbleiben. Entfliehen würde die Energie, das Sinnliche, dem Gesetz der Erhaltung der Kraft, den Naturgesetzen folgende. Das ist das, was nach unseren Begriffen das Sterbliche ist. Was aber sagt hier die Kritik der Erfahrung vom Leben? Sie sagt, der Tod löst das Band, das Kraft und Form verbindet. Nicht mehr wird in dem Toten die Kraft aus der Form sich entwickeln, nicht mehr wird die Form die Kraft aufspeichern. Und jener Dualismus, der in der Vorstellung von Leib und Seele seinen prägnantesten Ausdruck gefunden, wird durch diese Kritik aufgelöst. Der sichtbare Leib enthält nach ihm die Formen, er wird aber belebt durch die Seele, kenntlich durch die Kräfte, die sie aus dem Körper ent-

wickelt. Diese Kräfte sind nicht bloß die Produkte des Körpers, sie sind auch die Ursachen der Formen, denn ohne die Seele würde der Körper nicht entstehen, nicht wachsen, sich nicht ausbilden. Indem die Kritik der Erfahrung vom Leben das Band, welches Kraft und Form verbindet, als das das Leben Bestimmende feststellt, ruft sie die monistische Auffassung an Stelle der dualistischen zur Ablösung.

10. Der Typus des Lebens.

Fassen wir die Kriterien des Lebens zusammen, so sehen wir daß, was lebt, dadurch charakterisiert wird 1. daß es den Kräften der Außenwelt gegenüber nicht unverändert bleibt; 2. daß seine inneren Kräfte in ihm einen Zyklus durchlaufen, durch den es, dem Stoff wie der Kraft nach, immer wieder erneuert wird. Die Theorien des Lebens, wenn wir sie kritisch betrachten, dagegen sagen uns, daß das eigentlich zu Erklärende, das Geheimnisvolle eine Verbindung von Form und Kräften sei und daß wiederum diese Verbindung von Form und Kräften gegeben sei, wo es sich um die Beziehung einer Gruppierung der Moleküle zu der Gruppierung der Atome innerhalb eines Moleküles handle. Wir haben es bereits abgelehnt, daß eine solche Beziehung beschaffen sein könne wie diejenige in den Kristallen, denn dann wäre sie fest und unabänderlich und das schlösse die Einwirkung der äußeren Kräfte, wie den inneren Zyklus aus. Denn diese beide bedingen einen Wechsel, der ja auch zum Leben gehört. Nun hat man sich mit dem Gedanken bereits im 6. Kapitel vertraut gemacht, daß die kolloiden Körper eine solche Molekulargruppierung aufweisen, während sie doch im Wasser suspendiert sind und also eine relativ große Verschiebbarkeit ihrer Teile besitzen. Lebende Wesen bestehen nun aus Kolloiden und sie sind in einer bemerkenswerten Weise durchsetzt mit Wasser, welches in fast allen ihren Teilen die feste Substanz überwiegt. Wie sehr das schon den älteren Beobachtern aufgefallen war, zeigt eine Anekdote, die C. E. v. Bär in seiner Autobiographie erzählt. Er sagt, ich passierte das damalige Examen, trotz der Frage des Anatomen, über die in der Regel meine Studiengenossen stolperten. Diese Frage lautete „Wieviel und welche Aggregatzustände gibt es?“ Und wenn die jungen

Mediziner nun entsprechend dem, was sie in Physik und Chemie gelernt hatten, antworteten, drei, den gasförmigen, flüssigen und festen, so lautete es auf seiten des Examinators „Falsch, es gibt noch einen vierten, den festweichen, den der lebenden Wesen". Oft habe ich gedacht es steckt in dieser vielverlachten Meinung des Examinators ein Körnchen Wahrheit. Dieser kolloidale Zustand der lebenden Wesen ist in der Tat etwas Besonderes, nur wußte man damals noch gar nichts davon und jetzt beginnen uns erst die Augen aufzugehen. In dieser Molekulargruppierung, die so leicht beweglich in dem Wasser suspendiert ist, muß die Vereinigung von Form und Kräften gegeben sein, die wir suchen, und das Wasser durchdringt eben die lebenden Wesen, um sie so leicht beweglich und verschiebbar zu machen. Durchdringt es bloß zu diesem Zweck die lebenden Wesen? Das wollen wir erst im Verlauf dieses Buches näher studieren. Vorerst sehen wir uns nach der Form um, die allem Leben, also allen lebenden Wesen als Einheit zugrunde liegt. Klein muß diese Form sein, denn klein sind ja auch die kleinsten lebenden Wesen, die Mikroben, und in ihnen müssen wir diese Form so gut antreffen wie in den höchsten. Aber wir können auch tief herabsteigen, tiefer als unsere Sinne uns begleiten können und wir treffen immer noch jene eigentümliche Molekulargruppierung, welche die Eigenschaften, die das Leben auszeichnen, besitzen. Diejenigen, welche in den kolloiden Metallen vorhanden sind, erscheinen unsichtbar, aber sie verraten ihre Anwesenheit durch die Farbe, die sie der Flüssigkeit erteilen, in der sie suspendiert sind. Andere kolloide Partikel verraten sich durch das Tyndallsche Phänomen, das sie erzeugen, andere steigen bis zur Sichtbarkeit in Größe hinauf. Aber auch die kleinsten schon unsichtbaren, eben jene Partikel des kolloidalen Platin, verraten ihre Beziehung zum Leben, durch die Fähigkeit als Fermente zu wirken, die ihnen anhaftet. Und als Fermente wirken, das können im allgemeinen nur die lebenden Wesen und das was sie gebildet haben, ihre Eigentümlichkeit ist es, ihre Umsetzungen durch Fermente zu bewirken. So dachte man bis vor kurzem, als uns auf einmal das kolloidale Platin belehrte, daß es auch Fermente in der anorganischen Natur geben konnte. Was für eine Ähnlichkeit besteht zwischen ihm und den lebenden Wesen, als daß sie beide die kolloidale Ordnung ihrer Moleküle haben, müssen wir also nicht diese

für die Ursache der fermentativen Wirksamkeit halten? Und dürfen wir diese Gruppierung nicht nach dem Gesagten als die Form ansehen, die die Ursache des Lebens überhaupt ist? Aber hat diese Form noch ein großes Interesse für uns? Je tiefer wir herabsteigen, um so allgemeiner, d. h. um so weniger charakteristisch ist die Form geworden. Wie von dem Leben alle Eigenschaften abfielen, so auch von der Form alle Eigentümlichkeiten. Aber doch wäre man neugierig, diese kleinste schon nicht mehr sichtbare Form kennen zu lernen, welcher noch die Fähigkeit anhaftet fermentativ zu wirken, wenn nicht ein neues Bedenken auftauchte. Die Kriterien des Lebens haben ja festgestellt, daß es zum Wesen des Lebens gehört, einen Zyklus zu durchlaufen. Einen Zyklus der Kräfte zunächst, aber Kräfte und Formen sind im Leben verbunden und so muß es auch einen Zyklus der Formen geben. Es gibt also keine Lebensform, welche allein oder vorzugsweise möglich ist, es gibt deren viele und das was sie untereinander verbindet, das Gesetz das ihre Umwandlungen beherrscht, das diesen Zyklus bedingt, das ist das für das Leben charakteristische. Jenes kolloidale Platin gehorcht einem solchen Gesetz nicht, es macht nicht von sich aus einen Zyklus durch, indem es sich wiedererzeugt, deshalb lebt es auch nicht. Es stellt nur eine der Formen dar, in denen das Leben sich offenbart, aber diese Form ist herausgerissen aus dem Zyklus, an ihrer Entstehung haben Kräfte gearbeitet, die nicht im Platin drin stecken. Darum ist diese Form nicht eine Illustration des Lebenszyklus, sondern sie spiegelt nur eine bestimmte Art, wie das Leben seine Wirkungen ausübt. Sie lehrt uns aber das, wie tief wir auch herabsteigen, bis zur Trennung der Molekülgruppen dürfen wir nicht gehen. Isolierte, echt gelöste Moleküle haben nichts mehr, was dem Leben ähnlich ist. Immer sind es noch Verbindungen von Molekülen, Formen, wenn auch unsichtbare Formen, aber Formen, die in irgendeiner Weise auf unsere Sinnesorgane wirken. Steigen wir nun hinauf zu den wirklichen Lebewesen, zu deren einfachster Art, zu den Mikroben z. B., welche eine bestimmte einfache Umsetzung bewirken, z. B. die Bildung von Milchsäure aus dem Milchzucker, so laufen wir immer Gefahr, daß wir die Form, die sie gerade darbieten, indem sie diese Umwandlung ausführen, für die eigentlich charakteristische, für die einzige ihres Lebens halten. Aber das ist sie vielleicht gar nicht

In einem anderen Momente des Zyklus ihres Lebens, sagen wir einmal als Spore, haben sie eine ganz andere Form und diese ist im Grunde für sie ebenso charakteristisch als jene. Ich will deshalb auch gar nicht von der Grundform des Lebens reden, es muß deren mehrere geben. Aber ich will von dem reden, was alle diese Formen vereinigt, von dem Gesetz, das ihrer Umwandlung zugrunde liegt, das ist nach unserer allgemeinen Bezeichnungsweise der Typus des Lebens.

Indessen wenn wir so in der Reihe der Lebewesen in die Höhe steigen, uns immer nach dem Typus umsehend, so begegnen wir auf einmal etwas Neuem. Und dieses Neue zeichnet sich durch eine unerwartete Beständigkeit aus. Man erwartet bei dem Wege in die Höhe hinauf immer zahlreichere Assoziationen des Grundtypus zu finden. Und wie die Einheit eine Variation zeigt, so müßte es auch die Summe tun. Das Neue, was in unserem Gesichtskreis auftaucht, aber zeigt diese zyklische Variation nicht. Es ist die Zelle, von der ich sprechen will. Sie hat eine große Bedeutung gewonnen, für unsere Betrachtung des Lebens überhaupt, denn sie ist das Element, welches wir in allen höheren, d. h. in allen komplizierten Lebewesen antreffen. Und sie ist das ständige Element, denn wenn wir auch in der Zelle im Laufe des Lebens gewisse Veränderungen wahrnehmen, die wesentlichen Züge der Erscheinung der Zelle bleiben bei den meisten von ihnen immer dieselben, sie behalten z. B. immer Protoplasma, Kerne, Kernkörperchen. Verbietet es nicht diese Beständigkeit, sie als ein Glied der bei den Mikroben beginnenden aufsteigenden Reihe von Lebewesen einzureihen? Zeigt sie nicht, daß es sich hier um etwas anderes handeln muß als das Gesetz des Zyklus, das wir bei den niederen Lebewesen antreffen? Und die Zelle hat ja doch, wie wir schon bei der Zellenlehre erfahren, ihren bestimmenden Charakter für alle komplizierteren Organismen. Eben weil sie aus solchen beständigen Zellen zusammengesetzt sind, sind diese höheren Wesen selbst so beständig. Wir erwarten nicht, daß ein Mensch Bazillus oder Spore wird, oder daß er abwechselnd geschlechtliche und ungeschlechtliche Generationen hat. Alledem widersteht die Beständigkeit der Zellen, aus denen er von seiner Geburt oder doch von der Vollendung seines Wachstums an zusammengesetzt ist. Noch höher aber steigt die Beständigkeit mit der Zentralisation der Zellen im

Organismus. Noch üben die äußeren Kräfte auch auf die zelligen Wesen ihren umwandelnden Einfluß aus, die Raupe wird zur Puppe, die Puppe zum Schmetterling. Der zentralisierte Mensch widersteht. Aber doch wissen wir, ob er jung ist oder alt, macht für ihn, für seine Zellen einen gewissen Unterschied aus. Etwas ist gleich dem früher betrachteten Zyklus, aber dieses Etwas macht sich nur in geringem Grade geltend. Warum? Woher dieser plötzliche Sprung? Und warum wird mit einem Male die Zelle das Element der Organismen, der Träger der höheren Lebenserscheinungen? Wir stehen damit im Beginn unserer eigentlichen Aufgabe.

II. Abschnitt.

Historisches.

I. Dem Andenken C. Ludwigs gewidmet.

Im vorigen Abschnitt habe ich die Gründe auseinandergesetzt, welche zu einer Kritik der Erfahrung vom Leben führten. Wenn man eine solche Kritik anzulegen beginnt, so erscheinen die einfachsten Formen des lebenden Wesens, diejenigen Lebensläufe, welche die geringste Verwickelung darbieten, als die geeignetsten. Wie aber kam ich dazu, an die kompliziertesten Phänomene, an das Leben der Wirbeltiere, an das der Menschen mich zu wagen? Und was lernte ich dabei Neues? Darüber will ich jetzt in dem Abschnitt, der Historisches betitelt ist, berichten. Ich bin dabei genötigt, an einem willkürlich zu wählenden Punkte zu beginnen, wenn ich nicht in endlose Fernen hineintauchen will. Es sei der Punkt, der auch für mein Denken der maßgebende geworden ist, nämlich die Berührung mit C. Ludwig. Wohl möchte ich dem Leser wie mir ersparen von Persönlichkeiten zu sprechen, aber ich kann die ganze Bedeutung C. Ludwigs nicht besser schildern, als indem ich den Eindruck wiedergebe, den er auf mich machte. Und die Bedeutung C. Ludwigs charakterisiert wieder die Entwickelung, welche die Physiologie im abgelaufenen Jahrhundert gewonnen hat, die Rolle, welche sie in dem Denken der Menschheit spielte. Der Enthusiasmus, mit dem ich Ludwigs Schüler wurde, war ein außergewöhnlich großer. Man kann ja, wenn man als junger Mann einen Beruf ergreift, von diesem Beruf begeistert sein, das ist nichts Seltenes. Man hofft, daß dieser Beruf nicht nur einem selbst Glück bringe, sondern daß er auch das Mittel sei, um den Mitmenschen Gutes zu

bringen. Ich aber erwartete mehr. Die Politik, die Ethik, die Lösung der künstlerischen wie der sozialen Fragen schien mir in dem einen Punkte, in der Kenntnis des Lebens konzentriert. Erst wenn wir wüßten, was das Leben eigentlich sei, könnten wir verstehen, was wir Menschen selbst wollten und sollten. Erst dann würde es uns klar, weshalb und wozu wir Gesellschaften und Staaten bildeten; erst dann könnten wir die Regeln ableiten, welche innerhalb dieser Gesellschaften und Staaten herrschen müßten; erst dann könnten wir uns ein Ideal von dem Menschen bilden, welcher der Zielpunkt der Kunst und der Literatur werden müsse.

Die Physiologie aber war auf dem Wege, das Wesen des Lebens zu erkennen, oder sie hatte es schon erkannt. Ich verstand es oder glaubte es zu verstehen, warum Aristoteles im Besitz des gesamten Wissens, welches die Menschheit sich bis zu ihm erworben, sich ὁ φυσιολογος genannt. Was konnte es überhaupt Höheres geben als die Physiologie, die Kenntnis von dem Geheimnis der Geheimnisse, dem Schlüssel zu dem Verständnis der Welt?

In dieser Stimmung, voll dieser Hoffnungen kam ich zu dem Mann, der die Verkörperung eines ähnlichen Enthusiasmus war und der bereits einen langen und erfolgreichen Kampf im Dienste der Physiologie gekämpft hatte.

Es war ein merkwürdiges vierblättriges Kleeblatt, welches um die Mitte des vergangenen Jahrhunderts die Erforschung des Lebens auf sein Banner geschrieben hatte und von Erfolg zu Erfolg fortgeschritten war. Helmholtz, Du Bois-Reymond, Brücke und Ludwig hießen sie, und von ihnen war Ludwig der enthusiastischste. Von der Hoffnungsfreudigkeit, die er in seiner Jugend gehabt, erzählte man Wunderdinge, und auch jetzt noch manchmal, wenn ich mit ihm sprach, blitzte plötzlich in einer mich ergreifenden und verblüffenden Weise, diese Hoffnungsfreudigkeit wieder auf. Aber im großen und ganzen war es doch eine ernüchternde Atmosphäre, die in dem Leipziger Physiologischen Laboratorium herrschte. Mit bezaubernder Liebenswürdigkeit zwar machte Ludwig die Honneurs desselben, als seien wir nicht bloß seine Schüler, sondern die Gäste des Instituts. Vor allem aber war es die Kenntnis von der Entwickelung der Physiologie, von der Ermutigung und von den Schwierigkeiten, die er erfahren, die uns seine Mitteilungen so wertvoll machten. Wie seine Freunde und er auf ihr Banner ge-

schrieben, das Leben ist erklärbar, wie sie einen Mechanismus nach dem anderen dem Dunkel entrissen, wie sie den Blutdruck, die elektrischen Ströme der Muskeln und Nerven, die Sekretion, die physiologische Optik, die Akkomodation, die Reaktions- und Reflexzeit messen gelehrt und eine physikalische Erklärung dafür gefunden, das alles, was wir aus der Literatur schon wußten, rückte uns nun näher, verbunden mit all dem Hoffen und Empfinden, das sich daran geknüpft hatte. Wir sahen alle die Schwierigkeiten, die sich der Beantwortung dieser Fragen entgegenstellten, wir sahen all die Unklarheiten, aus der sich die Fragestellung allmählich abgeklärt hatte. Wir sahen den ganzen Zustand der Physiologie vor und nach der Beantwortung dieser Fragen, wir sahen zum Teil die originalen Apparate und verglichen damit die technischen Fortschritte, die man seitdem in der Konstruktion dieser Apparate gemacht hatte. Wie viel leichter konnten wir arbeiten, wie viel bequemer und auch wie viel tiefer konnten wir eindringen in die Geheimnisse des lebenden Organismus, als es Ludwig gekonnt. Wir lernten von ihm die Methodik, sein Auge, seine Erfahrung, sein Gehirn, das so viele Fortschritte schon ausgedacht, leitete uns; sollte es uns da nicht gelingen, auf dieser Bahn weiterzuschreiten und dem Leben, das sich immer wieder verschleierte, diesen Schleier zu entreißen. Sollte es nicht unserer Generation beschieden sein, was die vergangene vergebens gehofft, vorzudringen zu den innersten Geheimnissen des Lebens und den Satz „Das Leben ist erkennbar“ zur Wahrheit zu machen? Indessen etwas lähmte uns da. Es war wie ein eisiger Hauch, der uns manchmal entgegenwehte, wenn wir mit einem Mann aus einem anderen Laboratorium oder einer anderen Fakultät uns unterhielten und dieser seine Ansicht über unsere Hoffnungsfreudigkeit schließlich in dem Satz zusammenfaßte „Ludwig ist doch nur ein Schulmeister“. Anfangs konnte ich das gar nicht begreifen. Darauf, daß man unser Wollen, unser Hoffen bespötteln würde, war ich schließlich gefaßt. Es bot ja dazu Handhabe genug. Aber daß man das Wirken unseres Meisters unter einem so niedrigen, so absprechenden Gesichtspunkte auffassen konnte, erschien mir nicht verständlich. Die ganze Fülle von Geist, mit der er die Entwickelungsgeschichte der Physiologie durchdrang, der Eifer, den er einzuflößen verstand, schienen ihn ja von dem bloßen Schulmeister so weit wie möglich

zu entfernen. Von all dem Vertiefen in die Probleme des Lebens, das man bei Ludwig lernte, sollte nichts übrig bleiben, als die Überlieferung der Methodik? — Das konnte nicht sein, das war bloßer Haß. Aber warum hatte der Haß so viele verschiedene Menschen ergriffen, Menschen, die weder mit Ludwig noch unter sich in persönliche Berührung kamen? Allmählich lernte ich verstehen, wie diese Kreise zu einer solchen Meinung kamen. Es wehte in ihnen ein anderer Wind als in Ludwigs Laboratorium und dieser Wind, der zu Ludwigs Blütezeit nur ein leises Lüftchen gewesen war, hatte sich jetzt zu einer Art Sturm gesteigert, der eine minder kräftige Eiche als Ludwig selbst war, umgeblasen hätte. Ich lernte die ganze Differenz, die sich zwischen Ludwig und den anderen Vertretern der Wissenschaft vom Leben erhoben, kennen als ich mich mit ihm über die vergleichende Anatomie unterhielt. Er hatte für dieselbe gar keinen Sinn. Wenn Sie zwei Stockwerke eines Hauses haben, fragte er mich, und in dem einen Stockwerk wohnt ein Schneider und in dem anderen ein Mechaniker, warum soll auf einer Nähmaschine und einer Drehbank die gleiche Arbeit geleistet werden, bloß weil dieselben in der gleichen Ecke des Gebäudes stehen? Ich war jünger, ich hatte zu meinen Lehrern Gegenbaur gezählt, und mir schienen die Forschungen der vergleichenden Anatomie doch nicht mit einer solchen Beziehung auf die menschlichen Verhältnisse abzuweisen. Es mochte doch gerade in den Organen und den Zellen etwas darin stecken, was ihre Tätigkeit von ihrer Lage abhängig machte und sie mochten gerade dadurch von den Maschinen sich unterscheiden. Die Befunde der vergleichenden Anatomie waren doch zu mannigfaltig, zu gut bezeugt, zu gut geordnet, als daß ich nicht der Lage einen besonderen Einfluß zugeschrieben hatte. Nicht so Ludwig. Ihm waren die Organe, die Zellen bloß Apparate, die bestimmte Funktionen ausübten. Das eigentliche Handelnde war der Organismus, die Apparate wurden von ihm gerade da aufgestellt, wo er sie am zweckmäßigsten verwenden konnte. So hatte er die Niere[1]) und ihre Struktur erforscht und seine Befunde in einer geradezu genialen Weise verwertet, um die Harnsekretion zu erklären. Da begegnete ihm der Widerspruch im eigenen Lager der Physiologen. Heiden-

[1]) Ludwig, C., Stricker's Gewebelehre, Art. Niere.

hain[1]) stellte seiner physikalischen Sekretionstheorie eine physiologische entgegen, wonach nicht die Verhältnisse des Blutdrucks und die Filtrationsfähigkeit von Membranen, sondern eigentümliche Zellkräfte die Absonderung des Harns bewirkten. Und es sollte noch schlimmer kommen. Für Ludwig lag entsprechend seiner Auffassung von der Einheit des handelnden Organismus das Zentrum des Lebens in der den Körper durchdringenden und ihn vereinigenden Flüssigkeit, dem Blute. Für ihn galt der Satz „corpora non agunt nisi soluta". Die Lösungsstätte aller für die Tätigkeit des Organismus in Betracht kommenden Körper mußten das Blut oder die mit demselben sich wieder vereinigende, aus ihm stammende Lymphe sein. Da gelöst, entfalteten sich ihre Kräfte durch chemische Umsetzungen, vor allem durch Oxydationen, und diese Kräfte ebenso wie die Produkte der Umsetzung werden aus dem Blute oder der Lymphe wieder entwickelt. Nun lehrte die Beobachtung, daß die Kraftentwickelung weder dem Orte noch der Zeit nach eine gleichmäßige sei. Weder war sie in den verschiedenen Organen dieselbe, obgleich doch alle von demselben Blute durchströmt waren, noch war sie in demselben Organe immer dieselbe. War das eine Mal das Organ verschieden aber das Blut gleich, so war das andere Mal das Organ gleich aber das Blut verschieden. Um dies zu erklären, schlug Ludwig einen Mittelweg ein. Es ist die Strömungsgeschwindigkeit des Blutes, welche für die Kraftentwickelung maßgebend ist. Nicht durch alle Organe strömt das Blut gleich geschwind, dafür sorgen schon die verschiedenen Widerstände, welche das Blut auf seinem Wege findet. Es kommt ja, wenn man von Strömungsgeschwindigkeit des Blutes spricht, nicht bloß die Geschwindigkeit in den Arterien in Betracht. Diese kann von dem Herzen in einer für den ganzen Organismus einheitlichen Weise beeinflußt werden, aber die Geschwindigkeit in den Kapillaren, in den Venen, die ist von ganz anderen Bedingungen abhängig. Anderseits ist in demselben Organ der Widerstand nicht immer derselbe, dafür sorgen die Gefäßnerven. Und deren Tätigkeit steht in Zusammenhang mit der Funktion des Organs, wie sich am anschaulichsten zeigte bei den Muskeln, deren sich Ludwig um den Zusammenhang zwischen Stromgeschwindigkeit und Kraft-

[1]) Heidenhain, R., Physiol. d. Absonderungsvorgänge. Hermann's Handbuch d. Physiol. V.

entwickelung zu zeigen, gerne bediente. Hier nun setzte die Kritik Pflüger's[1]) ein. Sie entrollt den Wechsel der Ansichten und Kenntnisse, der sich seitdem vollzogen und sie bedeutet den Anfang eines neuen Stadiums der Physiologie. Ich werde erst im nächsten Abschnitt dieses neue Stadium schildern. Aber ich werde es nicht schildern können, ohne eine gewisse Vorstellung zu erwecken von dem Jammer, der mich und wohl noch manche andere Physiologen in diesem neuen Stadium befiel. Der Vitalismus erhob sein Haupt in ihm. Und da erscheint die Frage, mit der ich dieses Kapitel verlasse, nicht unberechtigt. Hatte Ludwig mit seiner Auffassung von der Erkennbarkeit des Lebens so völlig unrecht, war der Enthusiasmus, der ihn beseelte und den er einflößte so ganz grundlos? Hatte er nicht vielmehr das Ziel zu nahe geglaubt, die Verhältnisse einfacher, leichter übersehbar wie sie wirklich waren? Für mich ist diese Epoche die Leuchte gewesen, an der ich mich immer wieder aufrichtete, wenn mein Mut sank. So wie Ludwig dachte, geht es nicht, sagte ich mir, aber daraus folgt nicht, daß er Unrecht hatte zu denken, es gehe überhaupt.

2. Pflüger, Virchow, Pasteur, Du Bois Reymond.

Nicht im Blute vollziehen sich die Oxydationen, sagte Pflüger. Wenn das der Fall wäre, müßte sich ja auch der Sauerstoffgehalt des arteriellen Blutes ändern, d. h. es müßte in ihm schon der gasförmige, locker an Hämoglobin gebundene Sauerstoff in feste Bindung mit Kohlenstoff und Wasserstoff übergehen. Schon vorher hatte er in einer Untersuchung,[2]) die gegen die Schüler Lavoisier's und Regnault et Reiset's, gegen Estor und St. Pierre, gerichtet war, nachgewiesen, daß das nicht der Fall sei. Erst wenn das Blut die Kapillaren passiert hat, wenn es also durch die Gewebe hindurchgetreten ist, hat es seinen freien Sauerstoff verloren. Es sind also

[1]) Pflüger, E., Über die physiol. Verbrennung in den lebenden Organismen. Pfl. Arch. 10, 251.

[2]) Pflüger, E., Über die Geschwindigkeit der Oxydationsprozesse im art. Blutstrom. Pfl. Arch. 1, 274.

die Gewebe, welche die Oxydationen bewirken, folgerte er.[1]) Nun wandte er sich gegen Ludwig's Annahme, daß auf der Strömungsgeschwindigkeit des Blutes die Größe der Kraftentwickelung beruhe. Die Geschwindigkeit des Blutes ist ja nur abhängig von der Tätigkeit des Herzens als aktivem Partner und der Größe der Widerstände als passivem Partner. Wo es sich um die Kraftentwickelung handelt, käme aber nur der aktive Partner in Betracht. Es wäre also wieder ein Gewebe, das des Herzens, welches die Kraftentwickelung veranlaßte und ihr Schauplatz wäre. Abgesehen davon ist aber diese Kraftentwickelung auch gar nicht so groß, um zur Erklärung der Veränderung der Kraftentwickelung im ganzen Organismus zu genügen, die von der Veränderung der Stromgeschwindigkeit abhängt. Mißt man die Kraftentwickelung durch die ihr zugrunde liegenden Oxydationen, so kann man leicht sehen, daß die Stromgeschwindigkeit nur dann ihren Einfluß ausübt, wenn sie durch die Kapillaren und die Gewebe hindurchgeht. Es ist also die vermehrte Berührung des Blutes mit den Geweben, welches die vermehrte Kraftentwickelung herbeiführt. Es ist ferner nicht gleichgültig, durch welches Gewebe man das Blut hindurchströmen läßt. Das Blut bleibt dasselbe, aber die Gewebe sind verschiedene, und je nach ihrer Natur hat man einen verschiedenen Betrag der Kraftentwickelung oder der Oxydationen. Die Gewebe sind also das eigentlich Bestimmende für die Oxydationen. Das Blut ist nicht die Herrin, es ist bloß die Dienerin, welches den Geweben das Material für ihre Oxydationen zuführt. Das Material ist zweierlei, einerseits die kohlenstoff- und wasserstoffhaltigen Verbindungen, welche gelöst in der Flüssigkeit aus dem Blut in die Gewebe gelangen. Anderseits ist es der gasförmige Sauerstoff, welcher vermöge der seinem Aggregatzustande eigentümlichen Bewegung seiner Moleküle die Wandungen der Blutgefäße durchdringt und in die Gewebe hineineilt. In den Geweben erst vollzieht sich vermöge eines der Natur dieser Gewebe entsprechenden Aktes die Verbindung des Sauerstoffs mit dem Kohlenstoff und Wasserstoff die Oxydation, und damit ist die Quelle der Kraftentwickelung gegeben.

So hatte Pflüger den Ort der Kraftentwickelung aus dem Blut

[1]) Pflüger, E., Über die Diffusion des Sauerstoffs, den Ort und die Gesetze der Oxydationsprozesse im Tier-Organismus. Pfl. Arch. 6, 43.

in die Gewebe verlegt. Nicht mehr in den flüssigen, sondern in den festen Teilen des Organismus vollzog sich das eigentliche Leben. Ob nur an den gelösten oder auch an den festen Stoffen blieb einstweilen dahingestellt, denn auch die Gewebe, die festen Teile des Organismus sind genügend von Flüssigkeit durchtränkt, um Lösungen herbeiführen zu können.

Aber gleich erhob sich eine andere Reihe von Konsequenzen. Was sind Gewebe? Zellen oder Produkte von Zellen, so lehrten die Histologie und die Entwickelungsgeschichte. In Zellen also vollzieht sich die Kraftentwickelung, sie sind der Sitz des eigentlichen Lebens, das war der jetzige Stand der Physiologie. Daran schloß sich jetzt die Revolution, welche das Auftreten Virchow's[1]) in der Pathologie hervorbrachte. Er opponierte gegen die Krasenlehre, die vor ihm herrschte. Nicht eine eigentümliche Veränderung des Gesamtorganismus, eine Dyskrasie, ist es, welche die Krankheit hervorbringt, sondern eine besondere, lokale Veränderung. Sie ist mit dem Mikroskop zu studieren, sie betrifft die Zellen, welche den Mechanismus aufbauen. So war in diese nicht bloß die Gesundheit, sondern auch die Krankheit verlegt. Aber was das war, die Krankheit, blieb unerklärt. Eine Störung des Lebensvorgangs, so erschien sie. Und dieses Leben erschien um so mehr geheimnisvoll, als eben auch Pasteur[2]) die scheinbaren Beweise, die man damals für die Urzeugung[3]) vorbrachte, auf ihre Nichtigkeit zurückführte. Wie ein Ring schien das Leben in sich selbst zurückzufließen.

Vor kurzem hatte auch Pasteur neue Anschauungen von der Rolle des Lebens ausgesprochen. Er hatte mit Liebig eine Polemik gehabt über die Natur der Gärung. Liebig wollte die Entstehung des Alkohols und der Kohlensäure, das Verschwinden des Zuckers aus einem chemischen Prozeß ableiten. Pasteur aber erklärte sie als eine Folge des Lebens der Hefe.[4]) Nur wo er Hefe mikroskopisch nachweisen konnte, gab es Gärung. Ein eigentümlicher Vorgang, gebunden an dieses morphologische Substrat, das seine besondere

[1]) Virchow, R., Die Zellularpathologie usw. 1858.

[2]) Pasteur, L. et Joubert, Sur les germes de bactéries en suspension dans l'atmosphère et dans les eaux. Compt. rendus 84, 206.

[3]) Charlton-Bastian, Remarks on a new attempt to establish the truth of the germ theory. The Lancet 1876.

[4]) Pasteur, L., Sur la théorie de la fermentation. Compt. rendus 87, 125.

Struktur hatte, bewirkte das Auftreten dieser chemischen Körper. In diesem morphologischen Etwas mußte sich etwas Besonderes vollziehen, gebunden an diese Struktur und sich durch chemische und physikalische Wirkungen verkündend. Und dieses Besondere konnte nur wieder ins Spiel gesetzt werden von Keimen aus, die selbst wieder von Hefe herstammten. Wo Pasteur die chemischen Materialien zur Gärung beschaffte, aus unbewohnten Gebirgsgegenden, wo auch die Luft keimfrei war, da gab es auch keine Gärung. So bildete sich die uns heute geläufige Lehre aus von der Durchsetzung unserer Erde und ihrer Atmosphäre mit den Lebenskeimen, die ihrer Entwickelung harren. Und diese Keime sind von einer Natur, die sie von allem uns sonst Bekannten unterscheidet. Sie haben eine Beziehung zwischen morphologischer Struktur einerseits und chemischer Umsetzung, physikalischer Kraftentwickelung andererseits, die uns ganz unverständlich ist. Die Bedeutung der Kraftentwickelung des Lebens schien zu steigen, wenigstens unsere Kenntnis von derselben stieg. Aber der Mut der Physiologen fiel. Immer mehr schien unser Erkennen des Lebens auf das rein morphologische Gebiet verlegt, immer weniger schien die Entwickelung der Kräfte des Lebens auf wissenschaftlichem Wege möglich. Einer der ersten Physiologen Du Bois-Reymond gab, wie ich schon im vorigen Abschnitt bemerkte, dem in einem berühmt gewordenen Vortrage in dieser Epoche Ausdruck. Aber er rührte damit noch eine andere Frage an. Wie kann man überhaupt etwas, was außerhalb uns vorgeht, verstehen, fragt er. Wir erhalten ja nur durch unsere Sinnesorgane davon Kenntnis, und deren Nachrichten sind gebunden, wie uns Kant sagte, an gewisse Kategorien oder wie wir durch Helmholtz[1]) und die Neukantianer erfahren, an die Einrichtungen der Sinne.

Sind diese auf Grund der sinnlichen Anschauungen gewonnenen Erkenntnisse überhaupt vergleichbar mit dem was unser Gehirn ohne ihre Vermittelung unmittelbar entnimmt den Vorgängen, die sich in ihm vollziehen?

Es lag nahe, daß ein Physiolog diese beiderlei Arten von Fragen aufstellte. Ihm mußte auf dem Suchen nach dem, was dem Leben zugrunde liegt, der Mensch sowohl als Objekt wie als Sub-

[1]) Helmholtz, Handbuch der phys. Optik. Leipzig 1867.

jekt entgegentreten. Aber wir wollen den Mensch in letzterer Beziehung ganz der Philosophie überlassen. Nur als Objekt wollen wir ihn und das Leben betrachten. Er soll uns nur verständlich werden, wie die übrigen Naturvorgänge, die uns ja auch nur durch unsere Sinnesorgane bekannt sind. Diese übrigen Naturvorgänge aber beherrschen wir oder wir lernen es allmählich. Wird uns das in bezug auf das Leben auch gelingen, oder ist das Leben ein Vorgang ganz verschiedener Art? Das ist die Frage, die uns beschäftigt.

3. Weitere Durchforschung der lebenden Wesen.

Wenn das wahr wäre, wenn die Wissenschaft vor dem Leben als vor einem unlösbaren Rätsel wirklich umkehren müßte, so würde das die Menschen mehr treffen als Lord Salisbury[1]) in seiner Rede vor der British Association in Oxford, wo er diese Worte aussprach, vielleicht annahm. Man könnte sich ja allenfalls mit dem Gedanken vertraut machen, daß unser eigenes Leben uns auch fernerhin ein Rätsel bleibt, wie es seither gewesen, wie es in diesem Augenblicke ist. Aber das Leben außerhalb uns, das durchdringt ja in einer früher ungeahnten Weise die Natur. An die Entdeckung Pasteurs von den Keimen, die in der Luft leben oder in uns unsichtbarer Weise an Dingen haften, mit denen wir in Berührung kommen, und die chemische Umsetzungen bewirken, sobald sie in einen Nährboden kommen, schloß sich die von Lister[2]) an, daß die Wundkrankheiten, welche die Hospitäler entvölkerten, welche die chirurgischen Operationen zu den gefürchtetsten Todesquellen machten, ihren Ursprung eben dem Leben und Gedeihen solcher fremder Lebewesen in den Wunden verdanken. Diese Keime gelangen aus der Luft in die Wunden, der verletzte Organismus wird zu ihrem Nährboden, das was er bildet und bereitet für die eigene Wiederherstellung wird die Beute der fremden Lebewesen, und er erliegt, indem das was er durch seine übrigen Organe für das Leben gewinnt, nicht mehr ihm selbst, sondern den Fremden

[1]) Marquis of Salisbury. On the unsolved riddles of science. President. address. The Lancet 1896, No. 3702.

[2]) Lister (Sir), Joseph, On the relation of Mikro-Organisms to disease. Quart. Journ. of Mikr. Sc. 21, 1881.

zugute kommt. In der Tötung dieser Feinde, in der Reinigung der Wunden von ihnen oder in der Vermeidung des Hineingelangens solcher Keime in die Wunden, einer Infektion, wie wir zu sagen lernten, bestand jetzt die höchste Aufgabe der Chirurgie. Wir lernten etwas von Sepsis, von Antisepsis und von Asepsis. Es war eine neue Vorstellung der Welt, die sich allmählich einbürgerte. Die Vorstellung einer Welt, in der alles zum Leben drängt, in der ungezählte und unzählige Keime vorhanden sind, bereit das Material, das zur Entfaltung des Lebens dienen kann, an sich zu reißen. Der Kampf ums Dasein, den wir durch Darwin kennen gelernt hatten, gewann einen neuen Sinn. Alles rang in dieser Welt miteinander, alles rang auch mit uns und wir mit ihm. Nur so lang wir unverletzt durch diese Welt schreiten, gedeckt an unserer äußeren Oberfläche durch das verhornende, an unseren inneren Oberflächen durch das schleimige Epithel sind wir sicher, daß nicht das Material unseres Körpers als Nährboden für fremde Lebewesen benützt wird, daß nicht deren Keime sich auf uns, in uns ansiedeln und daß wir nicht einfach deren Diener werden, die sie ernähren, tragen, hegen und schützen. Vervollständigt aber wurde diese Vorstellung durch Robert Koch.[1]) Er und seine Schüler entdeckten, daß auch die wichtigsten der inneren Krankheiten darin bestehen, daß der Keim eines fremden Lebewesens in das Innere eines menschlichen Organismus gelangt, daß er in dem dort vorhandenen Material das ihm zusagende aussucht als seinen Nährboden, in dem er sich vermehrt. Er kann dies natürlich nur, nachdem das schützende Epithel der Körperdecken defekt geworden ist. Dann aber liefert ihm der erkrankte Organismus immer neues Material, immer mehr vermehrt sich das fremde Element, immer mehr treten an Stelle der Umsetzungen, der Kraftentwickelungen, welche dem Menschen eigentümlich sind, diejenigen, welche dieses fremde Lebewesen veranlaßt. Seitdem wissen wir, der eigentlich gefährliche Feind des Lebens ist das Lebendige. Immer deutlicher wird es uns, wie auf dieser Erde ein fortwährender Krieg des Lebens gegen das Leben geführt wird. Es ist deutlich, daß es gerade die Eigentümlichkeit des Lebensprozesses ist, welche die fremden Lebenskeime für uns

[1]) R. Koch, Mitteil. a. d. Kais. Gesundheitsamt 1881 u. ff. Untersuchungen über Bakterien u. a. a. O.

so gefährlich macht. Fremde Gewalten anorganischer Natur können uns auch bedrohen, aber wir erkennen leicht den Unterschied gegenüber dem Lebendigen. Dieses überwältigt uns mit ganz unscheinbaren, unbemerkt bleibenden Keimen, und es wächst indem es die Menschen tötet. Jene dagegen erschöpfen sich, indem sie dies tun, oder sie sind so gewaltig, daß wir ihnen ausweichen. Wenn daher unser gesamtes Wissen den Sinn hat uns zu verteidigen, uns zu sichern gegen die unser Dasein bedrohenden Kräfte, so muß es vor allem darauf ausgehen, das Wesen des Lebens zu ergründen. Denn in dem fremden Leben haben wir den mächtigsten Feind unseres eigenen. Nicht bloß der Löwe, der Tiger, die mit überlegener Stärke den Menschen bezwingen, oder die Schlange, die ihn vergiftet, sind unsere Feinde, ihrer könnten wir uns erwehren, ohne das Wesen des Lebens zu kennen. Nein, das unsichtbare Bakterium, der Keim, der die ganze Welt erfüllt, der überall her droht, immer bereit, sein Leben an die Stelle des unseren zu setzen, sie sind es, die uns zwingen, etwas über das Leben zu erfahren. Wir müssen wissen, **wo** in dem großen uns gemeinschaftlichen Lebensprozeß liegen die Bedingungen für uns günstig, für jene ungünstig, **wo** umgekehrt.

Aber ist das Leben dieser mikroskopisch kleinen Lebewesen wirklich das gleiche oder ein ähnliches, wie es in uns pulsiert? Die Wundkrankheiten, die inneren Krankheiten, die das Gedeihen der fremden Lebewesen in unserem Körper zeigen, scheinen das Gegenteil zu erweisen. Wenn diese sich von denselben Stoffen ernähren wie unsere Gewebe, wenn sie sich vermehren unter den Bedingungen, die in unserem Körper herrschen, so müssen sie doch etwas Verwandtes haben. Und mikroskopisch klein sind ja auch die Zellen, die unseren Körper aufbauen. Doch halt, die Formen sind verschieden und wenn, wie wir im vorigen Kapitel gesehen, die Kraftentwickelung von der morphologischen Struktur abhängt, so muß ja dies einen entscheidenden Unterschied bilden. Gewiß, entscheidend für die eigentümliche Funktion, für die Art von Kraftentwickelung, die hier stattfindet. Darunter aber liegt noch etwas anderes, der eigentümliche Lebensprozeß, der in so vielen, so mannigfaltigen Formen sich manifestiert. Nun informiert uns über diese Grundlage eine neue Wissenschaft, die sich in den letzten Dezennien ausgebildet hat, die physiologische Chemie.

Sie betrachtet es als ihre Aufgabe, alle Lebewesen, große wie kleine, zu untersuchen, auf die chemischen Stoffe, die sie enthalten. Diese hat die überraschende Entdeckung gemacht, über die ich schon früher kurz berichtete, daß alle diese Stoffe sich einteilen lassen in fünf Gruppen, Kohlenhydrate, Eiweißkörper, Fette, Salze und Wasser. Ich möchte denselben noch eine sechste Gruppe anfügen, von der man früher annahm, daß sie sich unter die Eiweißkörper einreihen lasse, während dies nach der unterdeß gewonnenen chemischen Einsicht nicht der Fall ist, ich meine die Nucleine. Nur Kohlenhydrate, Eiweißkörper, Nucleine und Fette sind dabei die eigentlichen Kraftquellen, welche den lebenden Wesen zu Gebote stehen, aber Salze und Wasser sind ebenso notwendig für das Leben. Untersuchte nun die physiologische Chemie jene mikroskopisch kleinen Lebewesen, in denen das Mikroskop keine zelluläre Struktur mehr nachweisen konnte, so traf sie dieselben chemischen Stoffe an wie in den größeren Lebewesen. Ja noch mehr, die Kohlenhydrate, die Fette, die Eiweißkörper, so zahlreich ihre Vertreter auch chemisch möglich sind, waren fast immer dieselben in den verschiedensten Lebewesen. Gewisse eigentümliche den Fetten ähnliche Stoffe wie Cholesterin und Lecithin, Stoffe von einer ganz besonderen Art der Zusammensetzung zeigten eine ganz ungeheure Verbreitung unter den Lebewesen. Die Nucleine und ihre Spaltungsprodukte sind überall dieselben. So kommt man zu dem Schlusse, daß chemisch genommen der Lebensprozeß, so ungeheuer verschieden er in seiner äußeren Erscheinung auch verlaufen mag, in den verschiedensten Lebewesen durch eine Umsetzung zwischen den gleichen Stoffen sich abspielt. Sollte ihm nun nicht auch eine morphologische Einheit zugrunde liegen? Wie ich am Schlusse des ersten Abschnittes auseinandersetzte, existiert im Leben eine besonders enge Beziehung zwischen der morphologischen Molekulargruppierung und der chemischen Atomgruppierung. Und wie verhielte sich denn diese morphologische Einheit zu den mannigfaltigen Formen der Lebewesen? Schon können wir sehen, daß sie hinuntersteigen mußte unter die zellulargegliederten Wesen bis zu den allereinfachsten Lebewesen. Welche Beziehung hätte sie dann aber zur Zelle?

4. Von der Ausdehnung unserer Kenntnisse über die in den lebenden Wesen wirksamen Kräfte.

Schon J. Sachs[1]) hatte eingesehen, daß die Zelle als Einheit des Substrates für die Erklärung der Lebensvorgänge nicht genüge. Es gab Lebewesen, wie die Myxomyceten, in denen das, was man als charakteristisch für die Zellen ansah, nämlich die Zellwände, gar nicht auftrat, die man also als azelluläre bezeichnen mußte. Es gibt andere Lebewesen wie gewisse Algen, die nur aus einer einzigen Zelle bestehen, die eine relativ ungeheure Größe erreicht. Und in dieser einzigen Zelle fanden sich eine Menge von Fortpflanzungskörpern, von denen jeder imstande war, die ganze Alge zu reproduzieren. Der Formenreichtum, die Größe, die Art der Fortpflanzung verhielten sich bei einer solchen einzelligen Alge ganz ebenso wie bei den mehrzelligen. Und so kam Sachs zu der Ansicht, daß die trennenden Scheidewände, welche die Alge aus einer einzelligen in eine mehrzellige umwandeln, eigentlich etwas Sekundäres seien. Sie können entstehen oder sie können nicht entstehen, in beiden Fällen ist die Alge eine lebende. Zu dem Wesen des Lebens gehören sie also nicht. Was aber gehört zu dem Wesen des Lebens? Das was nicht fehlen kann, ohne daß das Leben aufhört. Das ist Protoplasma. In ihm sind die Elemente vereinigt, welche die Bildung aller übrigen bedingen, sie sind die eigentlich handelnden, tätigen, und Sachs nannte zusammengehöriges Protoplasma und Kern eine Energide.

Wir stehen hier vor der Auffassung, daß das, was seither als wesentlich für die Zelle angesehen wurde, nämlich die Zellwand, nur eine Bildung der eigentlich aktiven Faktoren sei. Kölliker[2]) in dem Aufsatz, den er der Sachs'schen Auffassung gewidmet hat, hat dann gezeigt, wie wenig durch dieselbe eigentlich für die tierische Zelle geändert wird. Die neuesten Beobachtungen lassen uns fraglich erscheinen, ob Kölliker richtig gesehen hat. Denn gerade in bezug auf das, was Sachs als unwesentlich wegläßt, hat eine moderne Wissenschaft die allergrößten Fortschritte gemacht.

---

[1]) Sachs, J. v., Beiträge zur Zellentheorie. Flora 1892, No. 1.

[2]) Kölliker, Ad., Die Energiden von v. Sachs im Lichte der Gewebelehre der Tiere. Verh. d. phys. med. Ges. z. Würzburg. N. F. XXXI, No. 5.

Ich meine die Membran, welche die Energiden umhüllt, welche sie gegen die Außenwelt abgrenzt, sie vor dieser schützt und den Verkehr mit dieser vermittelt. Die Wissenschaft, welche uns Neues kündete in bezug auf die Rolle, welche eine solche Membran spielt, ist die physikalische Chemie. Es läßt sich das, was sie lehrte, unter drei verschiedene Gesichtspunkte unterbringen. Da ist zuerst die Theorie van t'Hoffs.[1]) Sie sagt, daß in einem ganz ähnlichen Zustand wie die Moleküle der Gase nach der kinetischen Gastheorie sind, auch die Moleküle der gelösten Stoffe sich befinden. Wie die ersteren in dem von Gasen erfüllten Raum, so führen die letzteren innerhalb der Flüssigkeit Schwingungen aus, deren Geschwindigkeit von der Temperatur abhängig ist, ganz ebenso wie es uns das Gay-Lussac'sche Gesetz bezüglich der Gase lehrt. Die Summe der Stöße aber, welche von diesen Molekülen auf die Wandungen des Raumes ausgeübt werden, sofern diese Wandungen sie von einer Flüssigkeit trennen, in der sie gleichfalls schwingen können, und insofern diese Wandungen sie nicht durchlassen, diese Summe nennen wir den osmotischen Druck. Wie die Zahl der Stöße es sein muß, ist dieser Druck abhängig von der Anzahl der Moleküle, die sich in der Raumeinheit befinden, d. h. von der Konzentration der Lösung, und ferner von der Temperatur. Diese Theorie ließ uns einen neuen und bis dahin unerwarteten Blick hineintun in die Natur der Lösungen, wir erkennen mit einem Male das, was in einer Lösung vor sich geht, und die Physiologen begannen deutlicher sich das, was in den lebenden Wesen, die ja von Lösungen erfüllt sind, sich zuträgt zu veranschaulichen. Eine neue Erkenntnis aber, die der Theorie van t'Hoffs folgte, stieg unterdessen auf. Es war die von Arrhenius.[2]) Wenn Salze, sagte er, sich in einer verdünnten Lösung befinden, so schwingen ihre Moleküle nicht als Ganzes, sondern sie zerfallen in zwei Bestandteile, entsprechend der Trennung, die sie auch durch die Elektrolyse erfahren, in die Ionen. So wie ein starker elektrischer Strom das Kochsalz z. B. in das Kation Na und das Anion Cl zerfallen macht, von denen das eine sich an der positiven, das andere an der negativen Elektrode ausscheidet, so zerfällt in einer verdünnten Lösung das Kochsalz auch von selbst in Na und Cl. Und

[1]) van t'Hoff, Die Rolle des osmot. Druckes in der Analogie zwischen Lösungen u. Gasen. Zeitschr. f. physik. Chemie I 481, 1887.

[2]) Arrhenius, Die Dissociation der in Wasser gelösten Stoffe. Zeitschr. f. physik. Chemie I 631, 1887.

ebenso geschieht es mit jedem anderen Salz, welches aus einem elektropositiven und einem elektronegativen Bestandteil besteht. Das sind enorme chemische Wirkungen, welche sich in den Lösungen vollziehen, denn zur Lösung der Verbindung des Natrium mit dem Chlor zum Kochsalz gehört eine gewaltige Kraft. Und von diesen chemischen Wirkungen hatte man seither keine Ahnung gehabt. Wo kommen sie her? Warum müssen die Lösungen verdünnt sein, wenn man sie erhalten will? Vielleicht nur deshalb, damit die voneinander getrennten Ionen sich nicht so leicht wieder begegnen, wie es der Fall ist, wenn eine größere Anzahl von Molekülen sich in derselben Raumeinheit befinden. Und wenn sich zwei entgegengesetzte Ionen begegnen, so ziehen sie sich an, wie zwei entgegengesetzte Elektrizitäten sich anziehen. Und das Resultat der Anziehung ist die Vereinigung. Dieselbe Flüssigkeit, welche der Schauplatz der Trennungen ist, ist also auch der Schauplatz der Vereinigungen. Dieselben Bedingungen, unter welchen die Trennung vor sich geht, gestatten auch die Wiedervereinigung. Was ist denn die Ursache der Trennung? Es ist offenbar nur das Übermaß der Schwingung, welche das Molekül ausführt, die auch zur Trennung seiner Bestandteile führt. Das Übermaß ist vielleicht nicht die richtige Bezeichnung. Es ist wahrscheinlich gar kein Übermaß, sondern dieselbe Kraft, welche zur Trennung der Molekulargruppierung führt und die einzelnen Moleküle isoliert, hebt dann auch die Atomgruppierung innerhalb des Moleküls auf und läßt dann die einzelnen Atome ihre Schwingungen ausführen.

Was aber hat nun ein Membran mit diesen Vorgängen in den Lösungen zu schaffen? Darüber geben Betrachtungen Auskunft, welche Ostwald[1]) angestellt hat. So gut wie es Wandungen gibt, welche die gelösten schwingenden Moleküle nicht durchlassen und ihre Stöße als osmotischen Druck registrieren, so gut kann es auch Wandungen geben, welche sie durchlassen. Solche Wandungen brauchen nicht dick zu sein, ihre Dicke, welche den Weg vergrößert, den die Moleküle innerhalb der Wand zurückzulegen haben, bildet sogar ein Hindernis. Solche Wandungen werden am besten durch Membranen dargestellt. Nun braucht eine solche Membran nicht alle Moleküle durchzulassen, sie kann eine Auswahl

[1]) Ostwald, W., Elektr. Eigenschaften halbdurchläss. Scheidewände. Zeitschr. f. physik. Chemie 6, 71 1890.

treffen, indem sie die einen, die sich ihrem eigenen Bau in irgendeiner Weise anpassen, durchläßt, die anderen nicht. Solche Membranen nennt man semipermeabel. Das nächste ist nun, daß man sich vorstellt, was eine solche semipermeable Membran für die Lösungen, die sich auf ihren beiden Seiten befindet, bedeutet. Sie muß eine besondere Art des Schwingens der Moleküle von einer Seite zur anderen bedeuten, wenn in der einen Lösung sich Moleküle befinden, die sie durchläßt, in der anderen nicht. Wenn nun die eine Seite die Außenwelt ist, die andere Seite die Zelle, so reguliert eine solche semipermeable Membran den Verkehr der Zelle mit der Außenwelt. Nur gewisse Stoffe gelangen von der Außenwelt hinein, nur gewisse Stoffe gelangen hinaus. Die Wandung der Pflanzenzelle aber ist eine semipermeable Membran. Über alle die Ausblicke in das Leben der Pflanzenzelle, die diese Einsicht gewährt, führt uns Ostwald jetzt noch hinweg. Er sagt, wenn der Fall eintritt, daß die semipermeable Membran für das eine Ion, des in der Lösung sich spaltenden Moleküls durchlässig ist, für das andere aber nicht, dann muß auf beiden Seiten der Membran eine elektrische Spannung, ein Potentialunterschied auftreten. Denn auf der einen Seite müssen sich ja diejenigen Ionen anhäufen, die durch die Osmose hinübergelangen, auf der anderen diejenigen, die zurückbleiben. So werden wir hineingeführt in die Quelle der elektrischen Ströme, die in den lebenden Wesen stattfinden, d. h. an den Anfang einer Kette von Veränderungen, die für das Leben von der größten Bedeutung sind, wie wir bald sehen werden.

Alles das würde aus der Einheit des Lebens wegfallen, wenn wir dieselbe unter Weglassung der Membrane als Energide definieren wollten, wie Sachs es vorschlägt. Aber stehen wir nicht hier vor einer neuen Einsicht in das Wesen der Einheit des Lebens? Sachs sagt, die aktiven Bestandteile der Zelle können eine Membran bilden oder nicht. Die physikalische Chemie lehrt uns, welche gewaltige Kraftquelle in einer solchen Membran drinsteckt, und sie lehrt uns, wie mannigfaltig eine solche Membran sein kann. Die Erfahrung über das Leben der tierischen Zellen belehrt uns dann weiter, daß bei einigen eine Membran von dieser, bei anderen von jener Natur gebildet werde. Was sind nun Kern und Protoplasma, daß sie sich einen solchen Apparat ausbilden können?

Und müssen sie nicht verschieden sein, wenn sie verschiedene Apparate ausbilden können? Und was steckt in ihnen eigentlich drin? Ist es immer dasselbe?

5. Fortschritte der Physiologie.

Jetzt will ich die Aufmerksamkeit lenken auf einige eigentümliche Untersuchungen der Physiologie, die meinen eigenen Weg, d. h. den Weg zur Planung dieser Theorie erhellt haben. Diese Untersuchungen zogen die niederen Lebewesen in den Bereich physiologischer Forschung. Damit schufen sie einerseits eine Brücke zwischen den schon bekannten Lebenserscheinungen der Pflanzen und denen der Tiere und machten uns andererseits bekannt mit ganz neuen Lebenserscheinungen. Sie erweiterten die Physiologie, indem sie eine vergleichende Physiologie schufen. Das Bemerkenswerteste für mich war an ihnen zunächst, daß sie den Einfluß äußerer Kräfte auf die Lebenserscheinungen feststellten. Da war z. B. an den Pflanzen zunächst bekannt, daß sie ihre Blüten und Blätter dem Lichte zuwendeten. Man nannte das Heliotropismus. Es war auch schon bekannt, daß Mücken und Schmetterlinge in das Licht fliegen, ohne Rücksicht auf ihr eigenes Leben. J. Loeb[1]) stellte in einer systematischen Untersuchung fest, wie diese Eigenschaft des Heliotropismus in positivem oder negativem Sinne sehr vielen, vielleicht allen Tieren zukommt. Sie alle wenden sich dem Licht zu oder von ihm ab, und es hängt mit von der Konkurrenz anderer Reize ab, welchen Einfluß der Heliotropismus auf ihre Bewegungen erlangt. Sodann wußte man von den Pflanzen, daß die Berührung mit festen Körpern einen Einfluß auf ihr Wachstum ausübt. Die Schlingpflanzen, der Efeu verdanken ihre Fähigkeit sich emporzuranken dem Reiz, welchen die umschlungenen festen Körper auf sie ausüben. Man nannte das Stereotropismus. Nun zeigten manche, unter anderen Dewitz,[2]) daß auch für die Bewegungen von Tieren etwas diesem Stereotropismus Verwandtes

[1]) J. Loeb, Heliotropismus der Tiere und seine Übereinstimmung mit dem Heliotropismus der Pflanzen. Würzburg 1890.

[2]) J. Dewitz, Über den Rheotropismus bei Tieren. Arch. f. A. u. Ph. 1899. Phys. Ab. Supp.

unter Umständen maßgebend ist. Es war ferner bekannt, daß die elektrischen Pole eines konstanten oder Induktionsstroms einen Reiz ausüben auf Tiere oder Pflanzen, soweit sie beweglich sind. Es blieb aber anderen Forschern, vor allem Hermann,[1]) vorbehalten, zu zeigen, daß manche Tiere, wenn sie in ein elektrisches Feld gebracht werden, sich an einem Pol anhäufen, den anderen vermeiden. Sie scheinen durch den elektrischen Strom eine Richtung zu erfahren, denn wenn sie zu dem einen Pol nicht hinschwimmen können, so orientieren sie sich wenigstens so, daß an einer bestimmten Stelle der Strom in ihren Körper ein-, an einer anderen wieder austritt. Man nannte das Galvanotropismus. Nicht bloß physikalische, sondern auch chemische Kräfte haben einen solchen richtenden Einfluß. Verworn[2]) hat darauf aufmerksam gemacht, wie gewisse niedere Lebewesen, sobald sie in die Nähe von besonderen chemischen Substanzen kommen, entweder darauf zu oder davon wegeilen. Er nannte das Chemotaxis. Damit war die Brücke zu etwas weiterem gegeben. Seither hatten die äußeren Kräfte nur die Bewegungen, d. h. die inneren Kraftentwickelungen beeinflußt. Die niederen Lebewesen aber, welche der Chemotaxis gehorchen, können auch Teile von höheren Lebewesen sein. Die Amöben oder amöboiden Zellen sind in einer solchen Lage. Wenn sie durch die Chemotaxis veranlaßt an einem Ort sich anhäufen, einen anderen Ort fliehen, so können sie damit die Bildung des Körpers, des höheren Organismus wesentlich beeinflussen. Von der Art, wie die Bildung eines höheren Organismus durch äußere Kräfte beeinflußt werden kann, gab dann wieder J. Loeb[3]) in seiner Abhandlung über Heteromorphose ein anschauliches und beweisendes Beispiel. Bei gewissen Polypen hat man den Gegensatz des oralen und des aboralen Endes. An dem einen Ende wächst der Kopf, an dem anderen Ende der Fuß. Unter Einhaltung gewisser Bedingungen gelang es nun Loeb, nachdem er am oralen Ende den Kopf abgeschnitten, aus dem oralen Ende einen Fuß hervorwachsen zu lassen, und umgekehrt aus dem aboralen Ende einen Kopf. Polypen mit einem Kopf an jedem Ende und andere mit einem Fuß an jedem

---

[1]) L. Hermann, Eine Wirkung galvanischer Ströme auf Organismen, Pfl. A. 37, 457.

[2]) M. Verworn. Allgemeine Physiologie. Jena 1895.

[3]) J. Loeb. Untersuchungen zur Physiologischen Morphologie der Tiere. I. Heteromorphosis. II. Organbildung und Wachstum. Würzburg 1892.

Ende, also ohne Kopf, ließen sich so herstellen. Diese experimentellen Heteromorphosen sind nicht vereinzelt. Zahlreiche andere Untersuchungen reihen sich ihnen an, von denen ich nur die von Born[1]) hervorheben will. Er zerschnitt Froschlarven in physiologischer Kochsalzlösung und es gelang ihm, die verschiedensten Stücke zusammenzuheilen. Merkwürdige Mißbildungen entstanden so und zeigten, wie unter Umständen auch diejenigen Mißbildungen, welche ohne unser Zutun hervorgebracht werden, entstanden sein können. Den merkwürdigsten Beitrag von dem Einfluß der äußeren Kräfte auf die Bildung der Organismen liefert aber die künstliche Parthenogenesis, welche J. Loeb[2]) bewirkte. Eine kleine Änderung in der Zusammensetzung des Meerwassers, in dem sie sonst befruchtet werden und sich entwickeln, bewirkt, daß die Eier von gewissen Echinodermen auch ohne den Zutritt des männlichen Samens sich zu entwickeln beginnen, und eine weit fortgeschrittene Stufe der Entwickelung erreichen, bis sie als Larven selbst umherschwimmen. Diese Änderung der Zusammensetzung führt dem Meerwasser einen neuen gelösten Stoff in einer bestimmten Konzentration zu und dadurch wird, wie wir aus dem vorigen Kapitel wissen, die Osmose in einer bestimmten Weise verändert. J. Loeb[3]) hat aber neuerdings noch mehr gefunden. Es gibt zwei Arten von Echinodermen, den Seeigel und den Seestern, deren Eier zwar ähnlich aber doch keiner Bastardierung unter gewöhnlichen Umständen fähig sind. Ändert man nun die Zusammensetzung des Meerwassers in einer bestimmten Weise, so daß sowohl die Osmose verändert als auch ein neuer Stoff zugeführt wird, dann werden die Eier der einen Art für die Spermatozoen der anderen Art zugänglich, können durch sie befruchtet werden, sind aber unzugänglich, unbefruchtbar geworden durch die Spermatozoen der eigenen Art.

Die Bildung des Körpers ist also doch abhängig von den Kräften, die in der umgebenden Welt herrschen, wenn sogar der

---

[1]) G. Born, Mit Amphibienlarven angestellte Verwachsungsversuche. Verhandl. d. anal. Ges. Basel 1895.

[2]) J. Loeb, On the Artificial Production of Normal Larvae from Unfertilized Eggs of the Sea-Urchin. (Arabacïa). Amer. Journ. of Phys. 1901, 39.

[3]) J. Loeb, The Fertilization of the Egg of the Sea-Urchin by the Sperm of the Star-fish. Univers. of California Public. Physiol. No. 6.

allererste Anfang, die Befruchtung unter deren Einfluß steht. Nicht bloß Mißbildung, sogar Bastardierung kann unter Veränderung der Umgebungsbedingungen geschehen. Das macht zunächst daran denken, daß der Formenreichtum der lebenden Wesen doch von dem Wechsel der Bedingungen in der Welt abhängig sein möchte, daß das, was man als Anpassung hinstellt, doch ein allgemeines Gesetz, nicht bloß eine vereinzelte Erscheinung sein muß. Sodann aber macht es tief nachdenklich. Dieses Leben, das sich so abschließt gegen alle übrigen Naturerscheinungen, das sich ihnen gegenüber behauptet, sie nicht eindringen läßt, immer wieder nur sich selbst erzeugt, ist doch wieder so zugänglich dem Einfluß der äußeren Kräfte. Was ist es für ein Prozeß?

6. Neue Pläne.

In all den Fortschritten, welche die Physiologie, welche die Wissenschaften von dem Leben gemacht hatten, war der Gegensatz nicht verdunkelt worden, welchen ich im Eingange dieses Abschnittes entwickelt habe, der Gegensatz zwischen Ludwig und den Morphologen, den Histologen, den Embryologen, den vergleichenden Anatomen, den pathologischen Anatomen. Der Organismus ist die Einheit, das wirkende Etwas, das Individuum hatte Ludwig gesagt, und die Zellen, die Gewebe sind die Apparate, die er sich ausbildet zu diesem Zwecke. Die Zellen sind die Einheit, das wirkende Etwas, die Individuen; sie bilden den Organismus aus, sagten die Morphologen. In der Niere hatte Ludwig[1]) als einer der ersten Forscher, mit dem Mikroskop in der Hand, die Zellen im Dienste des Organismus gezeigt als bloße Apparate, die für die Ausnutzung gewisser, allgemein im Organismus herrschenden Kräfte gebaut sind. In der Niere, hatte ihm Heidenhain[2]) entgegnet, sind in den Zellen eigentümliche Kräfte wirksam, die von jenen allgemeinen Kräften, dem Blutdruck, der Diffusion abweichen, und diese eigentümlichen Zellenkräfte bewirken die Sekretion des Harnstoffes, die eigentlich wichtige Funktion der Niere. So standen sich die physikalische und die physiologische Theorie, wie man sie be-

[1]) C. Ludwig, l. c.
[2]) R. Heidenhain, l. c.

nannte, in der Niere gegenüber, und dieser Gegensatz bestand im Grunde, wenn auch weniger deutlich in bezug auf fast alle Organe, auf fast alle Funktionen. Die Erweiterung der Kenntnisse hatte uns dazu gebracht mehr zu wissen über die Vorgänge in der Zelle, mehr zu wissen über den Zusammenhang der Zellen im Organismus. Aber das hatte jenen Gegensatz nicht zum Verschwinden gebracht, im Gegenteil, es hatte ihn verschärft. Je deutlicher wir die Zelle vor uns sahen, je mehr wir über ihre Eigenschaften und ihre Schicksale wußten, desto größer erschien die Differenz zwischen ihr und dem Gesamtorganismus. Ich stand mitten darin und ich mußte beiden Teilen recht geben. Wie können aber beide Teile recht haben, die das Entgegengesetzte behaupten? Das ist nur in einem einzigen Falle möglich, wenn das Ausgesagte im Grunde dasselbe meint, nur in verschiedene Worte eingehüllt. So begann es mir allmählich aufzudämmern, aber ich zerbrach mir den Kopf, was für eine Meinung diesen so verschiedenen Aussagen gemeinschaftlich zugrunde liegen könne. War die Meinung etwa die, daß so gut wie die Zellen den Organismus bilden, auch der Organismus die Zellen bilde? Aber sahen wir nicht das eine klar mit dem Mikroskop mit den deutlichen mikroskopischen Bildern und das andere könnte man höchstens erschließen? Das war doch kein Vergleich. Indessen wenn wir mit dem Mikroskop der Entstehung des Organismus aus der befruchteten Eizelle folgten, so sahen wir, daß sich da etwas ausbildete, was ursprünglich nicht Zelle war, nämlich die Scheidewand, die die Zellen trennte. Sie wurde allmählich ausgebildet zu dem Weg, der den Organismus durchzog, auf dem die verschiedenen Zellen miteinander kommunizierten. Und diese Scheidewände, die in dem Organismus eine solche Rolle spielten, hatten alle in der ursprünglichen Eizelle dringesteckt. Da kam mir auf einmal der Gedanke: Ja beide haben recht, denn im Grunde ist die Zelle zweierlei. Sie ist ein Apparat, wie Ludwig sich denkt, als solcher ist sie ein Teil des Organismus und das was sie leistet, steht anderem ganz verschiedenen gegenüber, was die Wege, die ehemaligen Scheidewände leisten. Dann ist sie aber auch ein Keim, wie Ludwigs Gegner wollen, ein Keim, aus dem alles hervorgeht, auch die Scheidewände, in dem also auch alles schon drinsteckt. Und deshalb ist der ganze Organismus ihr Produkt. Es kommt also jetzt darauf an, diese doppelte Natur der Zelle zu erforschen

und auseinanderzulegen. Es muß sich doch in der Zelle Verschiedenartiges zusammenfinden, wenn alle die verschiedenen Teile, die den Organismus bilden, aus ihr hervorgehen. Anderseits aber müssen alle diese verschiedenen Teile eigentümlich fest verbunden sein, um eine solche Einheit zu bilden. Worauf beruht nun diese Doppelnatur, so begann jetzt mein Nachgrübeln. Und um anzudeuten, wie mein Streben darauf hinausging, jenseits der Zelle das eigentliche Element der Organismen zu finden, nannte Ludwig mich den *Ultrazellularen*. Aber hieß es nicht den Boden der wissenschaftlichen Erkenntnis verlassen, wenn man auf diesen Weg sich begab? Zeigte nicht die fortschreitende Erkenntnis immer und immer wieder die Zelle als den eigentlich reagierenden Teil, auf den die Funktionen zurückzuführen waren? Zwar war es nicht schwer, nachzuweisen, daß die Zelle zusammengesetzt sei, schon mit dem Mikroskop unterschied man ja in ihr verschiedene Teile. Daß es noch Zwischenglieder zwischen ihr und den isolierten Molekülen geben mußte, war ja nur zu deutlich, und wenn man diese in Granulas oder auch in Fäden suchte, das erschien nicht revolutionär.

Aber diesen Elementen müßten ja noch die Eigentümlichkeiten zukommen, sich auch zu verändern. Sie müßten nicht bloß die Bausteine sein, die ein Haus zusammensetzen, in unveränderlicher Form und Art. Wir haben doch sehr verschiedenartige Zellen, Epithel-, Bindegewebs-, Muskel-, Nervenzellen, alle müssen zusammengesetzt sein. Und zwischen den verschiedenen Elementen, die wir in den verschiedenen Zellen finden, muß ein Band bestehen, wie dasjenige, welches die Zellen zum Organismus vereinigt. Sie müssen also auch ein Leben haben? Sollen sie zu vergleichen sein anderen lebenden Wesen, die wir außerhalb der Zellen finden, oder sind sie etwas völlig Neues, Eigentümliches. Wenn sie einem der Lebewesen zu vergleichen sind, die auch außerhalb der Zellen sich finden, wird dann durch sie die Einheit des Lebens in den Kreis unserer Erkenntnis eingeführt? So phantastisch auf den ersten Blick das Suchen nach dem Band erschien, welches die Formen in den verschiedenen Zellen einschließt, so schien damit doch nichts Wilderes, Unwahrscheinlicheres gesucht, als was uns die Beobachtungen am Menschen lehrten, die uns die Mediziner und Chirurgen zu gleicher Zeit in immer unwiderleglicherer Weise vorlegten. Wir hörten mit wachsendem Erstaunen von dem Zusammenhang der

Thyreoidea und den Funktionen des Zentralneryensystems, der Eierstöcke und der Osteomalacie, der Nebennieren und der Addisonschen Krankheit endlich gar der Hypophysis und der Akromegalie. Wenn es ein Band gab, welches so verschiedene Organe umschließt, ein Band, das wir uns auf den seither bekannten Wegen nicht ableiten konnten, so muß es noch etwas Neues in den Zellen, in dem Organismus geben, das in den Kreis unserer jetzigen Vorstellungen noch nicht eingeschlossen ist. Um dieses Neue zu suchen, muß man den Kreis dieser Vorstellungen erweitern, aber nicht verlassen. Läuft man dabei nicht Gefahr, der Diktatur der eigenen Phantasie zu verfallen? So habe ich mich wiederholt gefragt. In Wirklichkeit muß man sich dabei vor nichts mehr in acht nehmen, als vor der Phantasie. Wie armselig ist diese doch gegenüber der Wirklichkeit! Wer hätte sich, bevor die Atomtheorie entdeckt war, vorzustellen gewagt, welche Fülle von Körpern aus der Kombination von einigen Atomen entstehen könnte. Wer hätte nur daran gedacht, daß die Mannigfaltigkeit der Eigenschaften dieser Körper den Gesetzen dieser Kombination genau folgen würden? Jede Phantasie bleibt ja hinter dem, was wir fanden, als wir der Wirklichkeit folgten, weit, weit zurück. Und wenn wir gegenüber diesem gewaltigen, geheimnisvollen Prozeß des Lebens stehen, was kann da die Phantasie anders ausrichten als armselige Dummheit gegenüber der überraschenden Wirklichkeit. Da hilft nichts, als genaues Beobachten, Registrieren alles dessen, was wirklich eintritt, Mißtrauen gegen alle Beobachtungsfehler, aber auch Mißtrauen gegenüber dem Bestreben, etwas auf Rechnung der Beobachtungsfehler zu setzen, was nicht mit den überlieferten Ideen übereinstimmt. Unbestechlichkeit gegenüber dem Erfolg, gegenüber der Anerkennung von seiten derjenigen, die in den Ideen befangen sind, die bis hierher geführt haben. Denn um weiter zu kommen, muß man über diese Ideen hinausgehen, muß man den Boden verlassen, auf dem man selbst seither gestanden.

Wahrheit, nichts als Wahrheit, das Licht, das aus dem Leben selbst hervordringt, kann allein die Losung sein.

---

7. Eigene Forschungen.

Unter der Überschrift, die ich diesem Kapitel gebe, beabsichtige ich nicht, einen historischen Bericht über meine eigenen Untersuchungen zu geben. Es handelt sich für mich nur darum, den Weg zu beleuchten, den ich selbst bis zur Abfassung dieses Buches ging. Ich werde daher nur diejenigen Resultate hervorheben, die mich speziell leiteten. Im ganzen kann man dieselben in sechs verschiedene Abteilungen unterbringen. Die erste derselben handelt von Formveränderungen, die in den Zellen auftreten, unter der Wirkung äußerer Kräfte. Es zerfällt diese Abteilung wieder in zwei Untergruppen. In der ersten derselben erscheinen die Formveränderungen direkt als Wirkung der Veränderung der Umgebungsbedingungen. So beobachtete Stolnikow[1]) die Änderungen der Leberzellen, welche bei der Phosphorvergiftung auftreten. Wenn ich diese Vergiftung rubriziere unter Veränderung der Umgebungsbedingungen, was zuerst auffallen mag, so fasse ich Umgebung natürlich im weitesten Sinne. Ob der Phosphor experimentell zur innerlichen Wirkung auf den Organismus gebracht wird, ob die Vergiftung eine absichtliche oder zufällige ist, bleibt sich zunächst für die Wirkung gleich. Dann zeigte Iwanoff,[2]) wie das Antipyrin auf die Leberzellen wirkt, endlich Gürber[3]) die Vacuolen ähnlichen Veränderungen, welche das Lupetidin und dasselbe verbunden mit seinen Seitenketten in den Blutkörperchen hervorruft. Das Wesentliche war hier überall, daß morphologische Änderungen, und zwar solche, die für die chemische Natur des Elementes oder die Konstitution der Atomgruppe charakteristisch waren, eintraten, sobald die chemische Substanz dem Organismus in genügender Menge einverleibt wurde. Bei der zweiten Gruppe dieser Arbeiten traten auch Formveränderungen in den Zellen auf nach Einwirkung äußerer Kräfte. Hier aber interessieren dieselben nicht so sehr als Wirkung der äußeren Kräfte wie als Ursache der weiteren Veränderungen, die der Organismus erleidet. Die morphologischen

---

[1]) Stolnikow, Vorgänge in den Leberzellen insbesondere bei der Phosphorvergiftung. Arch. f. A. u. P. 1887. Phys. Ab. Supp.

[2]) W. Iwanoff, Beitrag z. Kenntnis der phys. Wirkung d. Antipyrins. Arch. f. A. u. P. 1887. Phys. Ab. Supp.

[3]) A Gürber, Untersuchungen n. d. phys. Wirk. d. Lupetidine. Arch. f. A. u. P. 1890. Phys. Ab.

Veränderungen sind ein Mittelglied in der Reaktion des Organismus gegenüber den äußeren Kräften. Ich erwähne hier das Auftreten des Plasmosoma, welches Ogata[1]) gefunden, nach Reizung des Pankreas zur Sekretion durch Erregung der Medulla oblongata oder durch Vergiftung mit Pilocarpin. Der Nervenreiz, der durch die Zentralisation hindurchgeht, ist hier eingetreten zwischen der äußeren Gewalt und der Bildung in den Pankreaszellen, die wir als Plasmosoma bezeichnen. Dieses selbst dient dann aber wieder dazu, um die Bildung der Zymogenkörner und deren Sekretion herbeizuführen. Diese Intervention der Zentralisation zwischen der äußeren Gewalt und der Veränderung der Zelle bringt uns vor Augen, wie doch eigentlich der Gesamtorganismus als Einheit diese äußere Gewalt in allen Fällen aufnimmt und erst von ihm aus die Zellen beeinflußt werden. Da erhebt sich denn wieder die Frage, *was* ist eigentlich der Gesamtorganismus, *was* die Zelle? Eine eigentümliche Antwort bekam ich darauf in der zweiten Abteilung meiner Untersuchungen. Ich entdeckte da,[2]) daß es ein eigentümliches, aktives, bewegungsfähiges Gebilde gibt, welches sich aus den Blutkörperchen von Rana esculenta entwickelt und in andere Blutkörperchen einbohrt, wobei wohl diese letzteren, aber nicht es selbst, zugrunde geht. Ich nannte diese Gebilde Cytozoen,[3]) im Anschluß an ihr Entstehen aus Zellen und ihre tierartige Bewegung. Ich sprach weiter die Ansicht aus, daß sie die eigentlich aktiven, lebendigen Bestandteile der Blutkörperchen enthalten und daß ihre nähere Erkenntnis uns zu einer Reform unserer herrschenden Anschauung von dem Aufbau des Organismus führen müsse. In einem gewissen Gegensatz zu den Cytozoen stand eine Beobachtung, die ich gleichfalls an dem Froschblut machte, nämlich die der Trypanosomen,[4]) auf die übrigens bei den Fischen schon v. Siebold[5]) die Aufmerksamkeit gelenkt hatte. Ich beobachtete verschiedene Formen dieser beweglichen Gebilde, die ich unter dem Namen

[1]) M. Ogata, Die Veränderungen d. Pankreas b. d. Sekretion. Arch. f. A. u. P. 1883. Phys. Ab.

[2]) J. Gaule, Über Würmchen, welche aus den Froschblutk. auswandern. Arch. f. A. u. P. 1880. Phys. Ab.

[3]) J. Gaule, Die Beziehungen der Cytozoen (Würmchen) zu den Zellkernen. Arch. f. A. u. P. 1881. Phys. Ab.

[4]) J. Gaule, Beobachtungen der farbl. Elemente des Froschblutes. Arch. f. A. u. P. 1880. Phys. Ab.

[5]) v. Siebold, Zeitschr. f. wissensch. Zoologie. II. 1850.

Kymatocyten zusammenfaßte. Waren es bei den Cytozoen Gebilde, die sich aus den Zellen entwickelten, Teile derselben umfassend, die eine besondere Beweglichkeit zeigten, so waren es bei den Trypanosomen die ganzen Zellen, die durch eine auffallende Bewegung sich auszeichneten. Meine Ansicht, daß wir es bei beiden Arten von Gebilden mit den wirklichen Elementen des Organismus, nur unter besonderen Umständen, zu tun haben, ist im allgemeinen nicht akzeptiert worden. Man hat dieselben für Parasiten erklärt, indem man bald von dieser, bald von jener Vorstellung ausging. Ich will die Gründe, die mich bewegen, meine Ansicht aufrecht zu erhalten, erst im zweiten Band in der Synthese auseinandersetzen. Hier würde diese ganze Diskussion zu sehr aufhalten. Denn an dieser Stelle kommt es nur darauf an, zu zeigen, wie die Beobachtungen psychologisch und historisch den Leitfaden für den Versuch zur Schlichtung des Widerstreites zwischen Mechanikern und Morphologen bilden. Wer daher einstweilen daran festhalten will, daß Cytozoen und Kymatocyten (Trypanosomen) Parasiten seien, mag sich an Spermatozoen und Amöbocyten halten. Einst teilten diese auch das Schicksal, für Parasiten gehalten zu werden. Jetzt, wo ihre Rolle in den Lebensvorgängen bekannt ist, ist davon keine Rede mehr. Für mich waren sie Beispiele, wie aus den Zellen, im besonderen aus Teilen derselben, die *Spermatozoen*, Gebilde von eigentümlicher Beweglichkeit, hervorgehen, oder daß ganze Zellen, die *Amöbocyten*, sich durch eine selbständige Beweglichkeit auszeichnen. Man mag daher einstweilen diese beiden Vertreter, auf welche die Cytozoen und Kymatocyten meine Aufmerksamkeit lenkten, als die Wegweiser ansehen, die dahin zeigten, daß 1. die Elemente der zusammengefaßten Organismen Eigenschaften besaßen, welche auch den einfachen Lebewesen zukamen und 2. daß diese Elemente keine wirklichen Elemente, sondern kompliziert seien, indem Teile von ihnen sich wieder zu selbständigen Wesen entwickeln können. Wo nun aber solche selbständige Wesen vereinigt sind zu einer Kombination, sei es, daß diese Kombination Organismus, oder sei es, daß diese Kombination Zelle heiße, so muß es ein gewisses Gesetz geben, welches diese Zusammenfassung beherrscht. Damit komme ich zu meiner dritten Gruppe. Als das Gesetz, welches die Zusammenfassung in jedem lebenden Wesen bedingt, also sowohl in den komplizierten wie in den einfachen, habe ich bezeichnet den

Zyklus. Unter Zyklus habe ich verstanden die Rückkehr der Atome innerhalb des Moleküls und der Moleküle innerhalb der morphologischen Teile in die Anfangsstellung, nachdem sie eine Veränderung durchgemacht. Ich habe das auseinandergesetzt in meiner Antrittsvorlesung[1]) und die Williamson'sche Ätherbildung als ein einfaches Beispiel eines solchen Zyklus angeführt. In den komplizierten Organismen müssen nun die einzelnen Teile, seien sie Elemente oder selbst wieder kompliziert, in einem gewissen Verhältnis der Menge und der Lage vorhanden sein. Das erstere ist das zunächst einfacher zu Ermittelnde. Ich nannte dasselbe den Ökus.[2]) Die Arbeiten von Birge[3]) über das Verhältnis der motorischen Ganglienzellen zu den motorischen Nervenfasern, von mir[4]) über die Zahl der Fasern in der weißen Substanz des Rückenmarks und von Lewin und mir[5]) über das Verhältnis der Zahlen der Nervenfasern in den hinteren Wurzeln zu der Zahl der Zellen in den Spinalganglien sind der Ermittelung von Ökuswerten gewidmet. Diese einzelnen Glieder des Ökus müssen aber in dem gesamten Zyklus und wenn dieser den Lebensvorgang umfaßt, in diesem eine einander bedingende Bedeutung haben. Was jedes Glied des Ökus tut, muß auch die Tätigkeit der übrigen Glieder beeinflussen. Darauf beruhen die Vorstellungen von der Trophik und die Ermittelung der Resultate von den, deren Störungen gewidmeten Experimenten.

Nicht alle Glieder des Ökus haben in dem Lebensvorgange die gleiche Stellung. Schon bei der Besprechung der ersten Gruppe habe ich den Ausdruck zentralisiert gebraucht. Was bedeutet das eigentlich? Ich habe damals gesagt, der Organismus nimmt die Wirkungen der Kräfte der Außenwelt als eine Einheit auf und die Erwiderung durch seine inneren Kräfte, so mannigfaltig lokalisiert sie ist, geschieht wieder einheitlich. Halten wir nun diese Vorstellung der ersten Gruppe mit den Ermittelungen der zweiten

[1]) J. Gaule, Die Stellung des Forschers gegenüber dem Problem des Lebens. Leipzig 1887.

[2]) J. Gaule, Der Ökus der Zellen. Festschrift z. Ludwigs 70. Geb. Leipzig 1886.

[3]) E. A. Birge, Zahl der Nervenfasern u. der motor. Ganglienzellen im Rückenm. d. Frosches. Arch. f. A. u. P. 1882. Phys. Ab. Supp.

[4]) J. Gaule, Zahl und Verteilung der markh. Fasern im Froschrückenmark. Abh. d. math. phys. Kl. der Kgl. Sächs. Ges. d. Wissensch. Leipzig 1889.

[5]) J. Gaule (Lewin), Über die Zahlen d. Nervenfasern u. Ganglienzellen in den Spinalganglien d. Kan. Zentralbl. f. Phys. 1896. 15 u. 16.

Gruppe zusammen. Der Organismus besteht aus einer Anzahl von Einzelwesen. Die dritte Gruppe sagt uns denn weiter, der Lebensvorgang jedes Wesens ist ein Zyklus. Dann folgt, der Zyklus des Gesamtorganismus ist kombiniert aus den Zyklen all der Einzelwesen, die den Organismus zusammensetzen. In dieser Kombination muß sowohl das Ganze einen Zyklus darstellen wie auch die einzelnen Komponenten. Werden aber dabei die Komponenten vollständig benützt, um den Gesamtzyklus zu bilden, oder nur einzelne Teile derselben? Wir untersuchen das einstweilen noch nicht, wir machen uns nur ein Bild von dem zentralisierten Gesamtzyklus. Und auf die Art, wie dieser in all die Einzelzyklen eingreift, bezieht sich die vierte Gruppe meiner Untersuchungen. Ich weiß von derselben kein besseres Beispiel anzuführen als die bereits erwähnte Arbeit von Ogata. Auf die Reizung der Medulla oblongata hin vermehrt sich die Zahl der Plasmosomen in den Zellen der Pankreas. Die unzähligen Einzelzyklen, die sich in diesen Zellen abspielen, ändern sich, wenn der Gesamtzyklus des ganzen Individuums geändert wird. Die Reizung des Zentralnervensystems, in dem dieses zentralisiert ist, entspricht dem Vorgange des Reflexes, der, von der Außenwelt ausgehend, das Verhalten des Individuums gegenüber den Veränderungen in dieser reguliert. Diese Veränderung des Einzelzyklus in der Zelle aber vollzieht sich, indem ein morphologischer Bestandteil der Zelle sich ändert. Die Zelle ist also zusammengesetzt, das wissen wir schon, nicht alle Teile stehen in demselben Verhältnis zur Zentralisation, und die Änderung der Kräfte, die von ihr ausgehen, wie die, die auf sie wirken, bewirkt eine Veränderung der Formen. Das hat uns die erste Gruppe schon gezeigt, aber die fünfte Gruppe fügt dann noch etwas Neues hinzu. Wenn das Leben ein Zyklus ist, so müssen in den lebenden Wesen fortwährend Veränderungen vor sich gehen, indem sie diesen Zyklus durchlaufen. Das sind zunächst Veränderungen der Kräfte, aber den Kräften entsprechen die Formen in den lebenden Wesen. Daher müssen auch die Formen in denselben sich fortwährend ändern, indem sie den Zyklus durchlaufen. Das tun sie nun in überraschender Weise, wie der periodische Ablauf des Lebens zeigte. Warum aber läuft das Leben periodisch ab?[1]) So

[1]) J. Gaule, Über den period. Ablauf des Lebens. Pfl. A. 1901, 87.

ein Zyklus kann nicht für sich allein bestehen. Die Atome, welche ihre Anfangsstellung verlassen haben, können nicht zu derselben zurückkehren, ohne daß neue Kräfte sie dazu nötigen. Diese neuen Kräfte müssen äußere sein im Gegensatz zu den inneren, welche die Atome aus ihrer Anfangsstellung heraustreiben. Diese äußeren Kräfte müssen für das Leben im allgemeinen die auf der Erdoberfläche allgemein verbreiteten, d. h. die kosmischen sein, und diese verlaufen periodisch. Die Koinzidenz ihrer Perioden mit denen, die wir in den Formen innerhalb der lebenden Wesen wahrgenommen, überzeugt uns, daß sie es wirklich sind, welche den Zyklus beeinflussen.[1]) Wohin aber führt der Zyklus die lebenden Wesen? Zur Erzeugung immer neuer Generationen. Diese Erzeugung erfolgt aber durch Zusammentreffen der Geschlechtsprodukte. Das führt uns zu der sechsten Gruppe. Wenn das Ziel des Zyklus die Bildung der Geschlechtsprodukte ist und wenn der Zyklus sich vollzieht unter fortwährender Änderung der Formen innerhalb der lebenden Wesen, da müssen diese Formen auch in dem männlichen und weiblichen Organismus verschieden sein. Die sechste Gruppe zeigt nun, inwiefern sie das wirklich sind. Geschlechtliche Unterschiede in den Muskeln,[2]) in der Leber,[3]) in dem gesamten Froschorganismus[4]) beziehen sich darauf. Warum sind diese Unterschiede nicht größer? Warum ist angesichts der Differenz in den Geschlechtsprodukten die Harmonie in den geschlechtlichen Individuen in bezug auf Bau und Stoffwechsel noch so groß? Die Synthese soll uns darauf Antwort geben.

---

8. Ergänzung der eigenen Forschungen durch Fremde.

Eigentlich müßte dieses Kapitel endlos werden. Denn im Grund haben mir viele Arbeiten Ergänzungen und Bestätigungen meiner Ansicht geliefert, und ich sollte hier alle die Literatur,

---

[1]) J. Gaule, Über eigentüml. Wachstumsvorg. in d. Muskeln. Über den Einfluß des Nervensystems hierauf. Deutsch. med. Wochenschr. 1895, 44.

[2]) J. Gaule, Über die geschl. Differenz in den Muskeln bei Fröschen. Pfl. A. 1901, 84.

[3]) A. Gaule, Über die geschl. Unterschiede in d. Leber d. Fr. Pfl. A. 1901, 84.

[4]) J. Gaule, Die Veränderungen des Froschorganismus während des Jahres. Pfl. A. 1901, 87

die ich kenne, anführen. Insofern es sich um die Konstatierung des Fortschritts der allgemeinen Erkenntnis handelt, erscheint es ungerecht, wenn ich einen Autor weglasse, einen anderen nenne. Indessen habe ich es zu tun mit der Darstellung des Weges, den ich gegangen bin, und so werde ich mich darauf beschränken, von den Arbeiten zu sprechen, die mich im Einschlagen dieses Weges wesentlich beeinflußten. Es handelte sich zunächst um die Frage, inwiefern sind die Formen der lebenden Wesen die Wirkungen von Kräften, die in ihnen und auf sie wirken. Da war es für mich eine Erleichterung, daß man diese Formen nicht bloß durch Züchtung, durch langsame Additionen von Wirkungen, wie schon Darwin gelehrt, nein, auch direkt experimentell beeinflussen könnte. Die Experimente, welche Loeb,[1]) Hertwig,[2]) Born,[3]) Roux[4]) und andere in dieser Richtung anstellten, schienen mir wie Wegweiser, und eine Schrift wie Loebs Untersuchungen zur physiologischen Morphologie der Tiere klärte mich über manche Punkte auf. Sodann war es mir wichtig, aus den Auseinandersetzungen Verworns[5]) über die Gleichartigkeit des Lebensvorgangs niederer und höherer Lebewesen vieles zu erfahren, was mich über den Aufbau der komplizierten Organismen aus den einfachen aufklärte. Vor allem aber, wenn es richtig sein sollte, daß Zelle wie Organismus zusammengesetzt sein sollen aus einfacheren Wesen, die nur bei einzelnen Gelegenheiten selbständig auftauchen, sonst aber in der Kombination verschwanden, mußte man ein Beispiel haben, wie eine derartige Kombination zu denken sei. Als ein solches Vorbild erschienen die Flechten nach den Untersuchungen Schwendeners.[6]) Wie dort die von den Pilzen bewohnten Algen eine neue Art von Organismus bilden, der *nicht* gleich der einfachen Summe der beiden Komponenten ist und *doch* wieder den Zyklus beider in sich erkennen läßt, so muß es auch in dem tierischen Organismus hergehen. Frei-

[1]) J. Loeb, On the Transformation and Regeneration of Organs. Americ. Journ. of Phys. IV 11, 1900.

[2]) O. u. R. Hertwig, Experimentelle Unters. über d. Bedingungen d. Bastardbefruchtung. Jena 1885.

[3]) G. Born, Biologische Untersuchungen. Arch. f. mikr. Anat. 1885.

[4]) Roux, Beiträge z. Entwicklungsmechanik d. Embryo Arch. f. mikr. Anat. 1884—87.

[5]) M. Verworn, Allgemeine Physiologie, Jena 1895.

[6]) Schwendener, Laub- und Gallertflechten. Nägelis Beitr. zur wissensch. Botanik, 1868.

lich von der dem tierischen Organismus eigentümlichen Zentralisation von der Unterordnung des einen Zyklus unter den anderen bemerkt man dabei nichts. Am meisten Analogie mit dem, was ich an dem Plasmosoma der Pankreaszelle gesehen, fand ich in den Beobachtungen Engelmanns[1]) über die Veränderungen des Muskelprismas bei der Kontraktion. Hier wie dort morphologische Änderungen von Zellbestandteilen auf einen Vorgang hin, der das Zentralnervensystem durchläuft. Wenig aber konnte ich finden in bezug auf die Ähnlichkeit des Zyklus des Lebens der Zellen mit dem des Gesamtorganismus, die ich voraussetzen mußte. Es erschien mir daher als ein besonderer Fingerzeig, daß ich aus den Beobachtungen von Hodge[2]) an Bienenzellen entnahm, daß Zellen auch altern, ebenso wie ich vorher aus denen von Mann[3]) entnommen hatte, daß sie auch ruhen und schlafen. In bezug auf das Zusammenwirken der verschiedenen Zellen durch die Nerven bei der Trophik konnte ich mich von Magendie[4]) an auf viele Vorgänger stützen. Mehr aber noch als diese veranschaulichten mir das Zusammenwirken der einzelnen Teile der Organe zu einem gemeinschaftlichen Stoffwechsel oder Zyklus, wie ich hier wohl sagen sollte, die modernen Erfahrungen, die der Organotherapie zugrunde liegen. Wie der Ausfall der Schilddrüse gewisse Störungen des Zentralnervensystems herbeiführt, die wohl nur als Ernährungsstörungen gedeutet werden können, und wie anderseits die Mängel der Bildung des Zentralnervensystems, wie sie im Kretinismus vorliegen, durch Ernährung mit aus der Schilddrüse hergestellten Präparaten geheilt oder wenigstens gebessert werden können, erschien mir geradezu als ein Beleg für die der Trophik zugrunde liegenden Verhältnisse, die ich voraussetzte. Nicht weniger schien es mir der Natur des Zyklus zu entsprechen, der den ganzen Organismus zusammenfaßt, wenn die Erfahrung zeigte, wie einzelne Organe entweder bestimmte, für das Leben wichtige Stoffe schaffen, wie die Nebenniere das Adrenalin bildet, oder zerstören wie das Pankreas den Zucker. Dann kam ich weiter auf das Eingreifen der kosmi-

[1]) Engelmann, Mikrometr. Untersuch. an kontrah. Muskelfas. Pfl. A. 1880, 23.

[2]) C. F. Hodge, Die Nervenzelle bei d. Geburt u. beim Tod an Altersschwäche. Anat. Anz. 9, 23.

[3]) Mann, G., Histol. Changes Induced in Sympath, Motor u. Sens. Nerve Cells by Function. Activity. Journ. of Anat. u. Phys. XXIX.

[4]) Magendie, Leçons sur le Syst. nerveux. Journ. de Phys. exp. Paris 1824.

schen Kräfte in das Leben der Organismen, und ich erkannte da in dem positiven und negativen Heliotropismus, wie ihn Loeb schilderte, an dem Galvanotropismus, wie ihn Hermann zuerst unserer Anschauung vorführte, Belege für die Art, wie die kosmischen Kräfte in das Leben der Tiere eingreifen. Die Untersuchungen von Dewitz über den Rheotropismus belehrten mich dann darüber, wie die gesamte Gestaltung der Umgebung einen Einfluß gewinnen müsse über die innere Kraft und damit die innere Formentwickelung. Anderseits zeigten die Resultate von Arrhenius[1]) über die Periodizität der atmosphärischen Elektrizität und deren Übereinstimmung mit gewissen Perioden des tierischen Lebens auf eine neue Beziehung hin, die zwischen den Zyklen des letzteren und den Vorgängen in dem Bereich der kosmischen Gewalten existieren müßten. Daneben mußte es mir auffallen, wie gewisse Erscheinungen des Nervensystems, deren Periodizität die Psychiater seit lange verfolgten, hierdurch darauf hinwiesen, daß sie eigentümliche Veränderungen des Gesamtstoffwechsels oder sagen wir der Bildungstätigkeit im Organismus ihre Entstehung verdanken. Welche Beziehung mag existieren zwischen einer periodischen Manie und den Perioden, die wir auf die der kosmischen Kräfte zurückführten. Viele, viele Zwischenglieder muß es da geben. Vielleicht sind uns am leichtesten die Verbindungen durch die geschlechtlichen Erscheinungen erkennbar. Denn diese unterliegen ja bei der Frau der bekannten Periodizität. In einer amerikanischen Irrenanstalt in Baltimore wurde mir mitgeteilt, daß man auch beim Manne eine vierwöchentliche Periode in den Schwankungen des Blutdruckes gefunden habe, nicht bloß bei der Frau. Und im Blute müssen sich die geschlechtlichen Differenzen der beiden Individuen am ehesten ausprägen, wie schon die bekannten Untersuchungen über die verschiedene Zahl der Blutkörperchen bei beiden Geschlechtern beweisen.

9. Schlußfolgerungen.

Was ist das Ziel, das ich zunächst erreichen wollte? Eine Klarheit über die Frage, was eigentlich das Richtige sei: „Ist das

[1]) Arrhenius, Sv., Die Einwirkung kosmischer Einflüsse auf phys. Verhältnisse. Skand. Arch. f. Phys. VIII, 6.

Individuum die Lebenseinheit oder die Zelle?" Schritt für Schritt haben uns die beiden letzten Kapitel diesem Ziele näher gebracht. Zwar die Lösung haben wir nicht erreicht, aber das Feld, auf dem wir die Beantwortung dieser Frage zu unternehmen gedenken. Verfolgen wir das Unternehmen. Zunächst haben wir uns gesagt, die Differenz bestehe darin, daß für den Physiologen die Zelle ein Apparat sei, durch den der Organismus bestimmte Aufgaben löse, für den Morphologen aber ein Keim, aus dem sich der Organismus selbst entwickle. Nun hat uns der erste Abschnitt bereits gezeigt, daß bei den lebenden Wesen zwischen Kräften und Formen eine besondere Beziehung existiere. Die Formen dienen bei ihnen zur Aufspeicherung, wie zur Entwickelung von Kräften. Wenn die Zelle ein Keim ist, so sind ihre Formen die aufgespeicherten Kräfte, wenn sie ein Apparat ist, so dient sie dazu, die Kräfte zu entwickeln. Die Arbeiten der ersten Gruppe im 7. Kapitel dienten dann dazu, klar zu machen, wie diese Formen sich ändern in dem Maße, als die zu entwickelnden Kräfte andere wurden. Auch im Leben speichert der Organismus in Formen Kräfte auf, um andere zu entwickeln. Es existiert also eine gewisse Harmonie zwischen der Zelle als Apparat und der Zelle als Keim. Die Ergänzungen zu dieser Gruppe im 8. Kapitel belehren uns dann weiter, daß sich diese Harmonie nicht bloß beziehe auf die inneren mikroskopischen Formen derselben, sondern auch auf die äußeren makroskopischen Formen der Organismen. Aber diese Harmonie mag eine ganz allgemeine aus der Natur des Lebens überhaupt abzuleitende sein. Nun belehren uns aber weiter die Arbeiten der dritten, fünften und sechsten Gruppe und die zu ihnen gehörigen Ergänzungen, daß zwischen den Formen der Zelle als Apparat und den Formen der Zelle als Keim eine gewisse innere Beziehung besteht. Zuerst sahen wir, das Leben ist ein Zyklus, indem eine fortwährende Änderung der Stellung der Atome und Moleküle gegeneinander stattfindet. Sodann, die Änderung des Chemismus ist nicht bloß mit einer Entwickelung oder Bindung von Kräften sondern auch mit einer Änderung der Formen verbunden. Endlich diese Änderung der Formen gipfelt in der Bildung der Geschlechtsprodukte. Verbinden wir nun das zweite Resultat mit dem ersten, wonach die Formen die Apparate zur Entwickelung der Kräfte darstellen, so kommen wir zu dem Schlusse, die während des Lebens in der Zelle als Apparat entwickelten For-

men haben zum Ziel die Bildung der Geschlechtsprodukte. Betrachten wir dagegen die in der Zelle als Keim entstehenden Formen. Sie verdanken ihre Entstehung der Wirkung der Geschlechtsprodukte aufeinander. Indem diese Formen entstehen, verschwinden die Geschlechtsprodukte als solche. Der eine Vorgang ist also die Umkehrung des anderen, dort werden die Geschlechtsprodukte gebildet, hier verschwinden sie, immer unter einer Entwickelung von Formen, unter Freiwerdung oder Bindung von Kräften. Aber nun kommen wir zu dem letzten Teil unserer Frage. Worin besteht der Gegensatz zwischen Individuum und Zellenstaat? Warum spielt die Zelle als Apparat nur eine Rolle, als Teil des Ganzen, als Keim aber ist sie dem Ganzen gleich? Man muß sich da zunächst klar werden, daß man mit einem Wort benennt, unter einem Begriff begreift, was doch unter sich nicht völlig gleich ist. Als Keim des Ganzen, dem Ganzen ebenbürtig, kann doch nur die befruchtete Eizelle gelten, ihr sind aber doch die Apparatzellen nicht völlig gleichwertig. Sind die Apparatzellen etwa Teile der Eizelle? Sie sind Teile des Organismus, aber nicht Teile der Eizelle. Wie verhält sich nun das? Aus der zweiten Gruppe der Arbeiten haben wir entnommen, daß in der Zelle selbst wieder Teile stecken, die sich zu selbständigen Wesen entwickeln können. Wie der Organismus kompliziert ist, so ist es auch sie. Aus den Ergänzungen zu dieser Gruppe ersehen wir dann, wie verschieden solche selbständige Lebewesen sich vereinigen können, wie sie zusammenleben können, eine neue Kombination bildend. Ein resultierender Zyklus entsteht, der alle einzelnen Zyklen umfaßt. Aber jedes einzelne Lebewesen durchläuft seinen Zyklus. Dabei entwickeln nicht alle die gleichen Kräfte, nicht alle sind den gleichen Kräften unterworfen. Nicht alle bilden dieselben Formen als Apparate für ihre Lebenstätigkeiten, nicht alle speichern in den gleichen Formen die Keime für ihre zukünftigen Lebensstadien auf. In der befruchteten Eizelle müssen die Keime der künftigen Lebensstadien aller dieser Lebewesen drinliegen. Deshalb repräsentiert die befruchtete Eizelle einen bestimmten Zustand des Gesamtorganismus. Aus diesem Zustand heraus aber entwickeln sich unter dem Einfluß verschiedener äußerer Kräfte die verschiedenen Lebewesen verschieden. Damit ist der Grund für die Mannigfaltigkeit der Zellformen des werdenden Organismus gegeben. Neue Keime be-

dingen neue Apparate, und immer sind es die äußeren Kräfte, welche den Anlaß zur Entwickelung geben, immer die inneren Keime, welche die Formen bedingen. Alle die so sich entwickelnden Zyklen werden zusammengefaßt von dem resultierenden Zyklus des Gesamtorganismus. Dieser ist die Einheit, die das Leben des Individuums umfaßt. Damit ist die Aufgabe gegeben, die unserer zweiten Abteilung der speziellen Analyse zufällt. Inwiefern können wir, wenn wir uns diese Einheit von den verschiedenen Seiten ansehen, die unsere Methoden zu veranschaulichen gestatten, darin die Komponenten erkennen, aus denen sie aufgebaut ist?

II.

Spezielle Analyse.

Tatsachen, auf welchen die Kritik der Erfahrung vom Leben beruht.

I. Abschnitt.

Physikalisch-chemische Analyse.

I. Die Lösungen.

Wie in der ersten Abteilung auseinandergesetzt ist, sind die lebenden Wesen durchsetzt mit Wasser, das den größten Anteil an ihrer Zusammensetzung hat. Auf der Wechselwirkung der Stoffe, die gelöst in dem Wasser sind, und jener anderen, die nur suspendiert oder, wie wir auch sagen wollen, kolloidal gelöst sind, beruhen zu einem großen Teil die Lebenserscheinungen. Eine Ausnahme davon machen nur die Fette, die sich der Durchtränkung mit Wasser entziehen, deren Auftreten im Leben daher in der Regel einen Wendepunkt bezeichnet. Wollen wir das Leben studieren, so müssen wir uns vor allen Dingen mit dem Verhalten der Stoffe in diesen drei Modifikationen in Wasser gelöst, kolloid, und als Fett oder in Fett gelöst, vertraut machen. Wir beginnen mit den Lösungen, und zwar zunächst mit dem, was uns van t'Hoff über das Verhalten der gelösten Stoffe gelehrt hat, weil es für uns das wichtigste ist. Nach van t'Hoff sind die Moleküle derselben isoliert und in Bewegung. Die Geschwindigkeit derselben ist wie das Molekül eines Gases abhängig von der Temperatur. Wie die Moleküle eines Gases üben sie auf die Begrenzung des Raumes, in dem sie sich befinden, einen Druck aus, der sich aus der Summe der Stöße der einzelnen Moleküle zusammensetzt. Von der Zahl der Moleküle in der Raumeinheit, d. h. von der Konzentration der Lösung einerseits, von der

Geschwindigkeit, d. h. von der Temperatur anderseits, ist dieser Druck abhängig. Man hat ihn den osmotischen genannt. Pfeffer[1]) hat diesen Druck zuerst gemessen, indem er aus Ferrocyankupfer eine Membran konstruierte, welche die Moleküle des Wassers hindurchließ, diejenigen eines gelösten Stoffes, des Zuckers aber nicht. Viele andere nach Pfeffer haben diese Messungen wiederholt, die aus der Theorie van t'Hoffs sich ergebenden Werte wurden immer wieder gefunden.

Die Versuche des Botanikers Pfeffer hatten schon die Anwendungen der Theorie auf lebende Wesen im Auge. Denn lebende Wesen umgeben sich mit Membranen, sie sind umspült von Lösungen, sie enthalten Lösungen in ihrem Inneren. Die Membranen, die als Hüllen dienen, sind den Stößen der gelösten Moleküle ausgesetzt, und bald erkannte man, daß in dem Druck, der so entstand, ein formbildendes Moment gefunden war. Auf der anderen Seite werden die lebenden Wesen doch auch teilweise durch die Hüllen, die sie umgeben hindurch, ernährt von den Molekülen der Stoffe, die sich in den sie umspülenden Flüssigkeiten befinden. Es müssen daher solche Moleküle durch diese Hüllen hindurchtreten können, während andere, für die diese Membrane undurchlässig sind, einfach auf sie aufstoßen. Man bezeichnete diese Eigenschaft als Permeabilität, und man erkannte bald, daß die Membranen eine Auswahl träfen zwischen den gelösten Molekülen. Das nannte man die Semipermeabilität, welche eine Art von Molekülen hindurchläßt, eine andere Art nicht, und die Erfahrung lehrte, daß diese Eigenschaft in den Hüllmembranen lebender Wesen sehr verbreitet ist. Sie ist eines der wesentlichsten Hilfsmittel, durch das sich Ernährung wie Form der lebenden Wesen regulieren.

Indessen ging die Belehrung, welche die theoretische Beschäftigung mit diesen Dingen für das Verständnis der Lebensvorgänge gewährte, bald noch weiter. Arrhenius[2]) war es, welcher zuerst sagte, bei der Wanderung innerhalb einer Lösung isolieren sich die Moleküle nicht nur, sie zerfallen sogar zum Teile in die Bestandteile, die sie aufbauen, in die Ionen. Was ihn zuerst darauf brachte, war die

[1]) Pfeffer, Osmotische Untersuchungen. Leipzig 1877.

[2]) Arrhenius, Zeitschr. f. physik. Chemie I, 631, 1887.

Bestimmung des Molekulargewichts gelöster Salze aus dem osmotischen Druck. Man kann ein solches Molekulargewicht leicht bestimmen, wenn man drei Größen kennt, nämlich den osmotischen Druck, die Temperatur und die Konzentration des Salzes. Der osmotische Druck ist gleich der Summe der Stöße, welche die einzelnen Moleküle ausüben, so haben wir schon gesehen. Er wird, wenn die beiden anderen Faktoren gleich bleiben, um so größer sein, je größer die Anzahl von Molekülen ist, in die eine gegebene Gewichtsmenge zerfällt. Je kleiner also das Molekulargewicht ist, um so höher ist der osmotische Druck. Man hat aber in den Salzen von einer bestimmten chemischen Konstitution, z. B. wie NaCl auch in dieser einen Anhaltspunkt für das Molekulargewicht. Die Resultate, die man auf beiden Wegen erhält, stimmen nun nicht überein. Kochsalz hat nach seiner Konstitution ein Molekulargewicht von 58,5, aus dem osmotischen Druck dagegen, den eine Lösung ausüben würde, die denselben Druck ausübt, der innerhalb einer Zelle herrscht, berechnet sich ein Molekulargewicht von 37,6.[1]) Das kann nur so zusammenhängen, daß das Molekül NaCl in der Lösung sich noch weiter zerspaltet. Vielleicht ist der Wert 37,6 ein Anzeichen dafür, daß noch nicht alle Moleküle zerspalten sind. In der Tat bemerkt man bald, das Molekulargewicht sinkt, wenn die Lösung stärker verdünnt wird.

Der Grenzwert ist für Kochsalz erreicht, wenn die Zahl der Moleküle doppelt so groß geworden ist, als bei Annahme des aus der chemischen Konstitution sich ergebenden Molekulargewichts. NaCl wäre also in zwei isoliert sich bewegende Bestandteile zerfallen. Ein solcher Zerfall eines Moleküls in seine Konstituenten ist uns aus der Chemie nicht unbekannt, wir nennen sie Dissoziation. Wie sehr eine solche Dissoziation in dem Leben eine Rolle spielt, darüber belehren uns bald einige Beispiele. Wir wenden z. B. als Arzneimittel ein Salz an, von dem nur ein Komponent eine Wirkung ausübt wie bei den Bromiden das Brom, bei den Strychnin- und Chininsalzen das Strychnin oder Chinin, und so ist es für die Wirkung ganz gleichgültig, welche andere Komponente wir damit einführen, ob wir z. B. salpetersaures oder salzsaures Strychnin geben. Noch

---

[1]) R. Höber, Physikal. Chemie der Zelle und der Gewebe. Leipzig 1902. Für diese und zahlreiche Angaben namentl. auf S. 74 u. 77, und in den folgenden Kapiteln, bin ich diesem Werk zu Dank verpflichtet.

mehr. Wenn man zu der tief violettblauen Lösung von 60 g kristallisiertem Kobaltchlorid in 100 ccm Alkohol 100 ccm Wasser hinzufügt, so geht die blaue Farbe in rosa über. Genau das gleiche rosa entsteht, wenn man 20 ccm der purpurroten Lösung von 73 g Kobaltnitrat in 100 ccm Alkohol auch mit 100 ccm Wasser versetzt. Der Grund hiervon ist der folgende: In der alkoholischen Lösung halten die beiden Komponenten des Salzes zusammen, es existiert einesteils Kobaltchlorid, anderenteils Kobaltnitrat, welche verschieden gefärbt sind. Sobald aber Wasser hinzukommt, dissoziieren sich die Salze, und in der Lösung, die nun wässerig-alkoholisch ist, verbreitet sich in beiden Fällen nachweislich gleich viel dissoziierter Kobalt, welcher rosa ist.

Eine wässerige Salzlösung enthält also die beiden Komponenten eines Salzes nebeneinander. Die Eigenschaften jedes dieser Komponenten machen sich geltend, die der Lösung addieren die beiden Eigenschaften, und die Lösung verhält sich wie ein Gemisch.

Indessen diese Dissoziation in der Lösung hat noch ihre Besonderheiten. Welches sind die beiden Komponenten? Diese Frage ist nicht so leicht beantwortet, wie es auf den ersten Blick scheint. Nehmen wir wieder den Fall der Lösung von NaCl in H_2O. Um eine Dissoziation nach der Gleichung



$$NaCl + H_2O = NaOH + HCl$$

kann es sich hierbei nicht handeln, denn NaOH + HCl müßten sich außerordentlich schnell und unter Wärmeentwickelung wieder vereinigen. Es kann sich also nur um eine Dissoziation in Na und Cl handeln, und doch können die Dissoziationsprodukte nicht Natrium und Chlor von der gewöhnlichen Art sein. Denn Chlor ist ein deutlich riechendes, leicht austreibbares Gas, Natrium ein mit Wasser heftig reagierendes Metall; Chlorgas besteht außerdem aus Molekülen Cl_2, während wir hier bei der Dissoziation in Lösung nach dem ganzen physikalischen Verhalten mit einzelnen Chloratomen Cl rechnen müssen. Die Dissoziationsprodukte des Kochsalzes und überhaupt der Salze sind also Stoffe ganz eigener Art. Welcher Art? Man hat nun gefunden, daß die Stoffe, die sich osmotisch auf diese Weise verhalten, noch durch ein gemeinsames Merkmal ausgezeichnet sind. Sie leiten in Wasser gelöst unter Zersetzung den elektrischen Strom, sie sind Elektrolyte oder Leiter zweiter Klasse. Die Zersetzungsprodukte scheiden sich je nach ihrer che-

mischen Natur an der positiven oder an der negativen Elektrode, an der Anode oder an der Kathode aus und heißen deshalb nach Faraday „Anionen“ oder „Kationen“ oder mit einem gemeinsamen Namen „Ionen“. Zerfallen also in den Lösungen Stoffe nach diesem Muster, so findet ein Vorgang statt, der etwas neues erzeugt. Die Leiter zweiter Klasse leiten den Strom, indem sie sich zersetzen in Ionen, sie müssen daher um so besser leiten, je mehr sie zersetzt sind. Nun beobachtet man, daß ein und dieselbe Elektrolytmenge den Strom um so besser leitet, auf je mehr Lösungsmittel Wasser sie verteilt ist. Nun haben wir vorher gesehen, daß, je verdünnter die Lösung eines Salzes ist, um so stärker ist es dissoziiert. Die Leitungsfähigkeit und der osmotische Druck führen also auf die gleiche Erkenntnis von der Dissoziation eines Salzes hin. Eine Berechnung ergibt, daß sie sogar genau übereinstimmen in dem Einfluß, den das Lösungsmittel ausübt. Die natürliche Folgerung ist anzunehmen, daß die elektrische Zersetzung und die Zersetzung durch die Lösung das Salz in die gleichen Komponenten auseinanderbrechen, d. h. daß das Salz auch in die Ionen sich dissoziiert, wenn es gelöst wird. Die Ionen sind nun Stoffe eigener Art. Na und Cl als Ionen verhalten sich nicht wie das Metall Natrium und das Gas Chlor, das wir kennen. Worin liegt die Differenz? Einen Aufschluß, vielleicht noch nicht den vollständigen, gibt uns eben das elektrische Verhalten. Vielerlei Gründe haben darauf hingeführt, den elektrischen Vorgang nach Art eines chemischen Vorgangs aufzufassen. Da dies gestattet, das Verhältnis der Ionen sich anschaulicher vorzustellen, so will ich dem hier einmal folgen. Man hätte zwei Arten elektrischer Atome, die man als Elektrone bezeichnet oder als El. Und zwar hätte man ein + El und ein — El. Wenn man in eine Lösung Elektroden eintaucht und mit Hilfe derselben einen elektrischen Strom durch die Lösung schickt, so werden durch die Anode die — El angezogen, die + El abgestoßen, durch die Kathode umgekehrt. Dasselbe muß aber auch geschehen, wenn ein Elektrolyt gelöst wird zu Kationen und Anionen. Es werden daher Ionen und Elektrone denselben Weg gehen. Man hat dies so ausgedrückt, daß man sagte, die Ionen beladen sich mit den Elektronen, oder wenn man die chemische Vorstellung weiter verfolgte, sie verbinden sich mit denselben.

Ein Ion wäre also ein Atom des Stoffes, verbunden mit dem Elektron. Daraus erklären sich vielleicht zum Teil die abweichenden Eigenschaften, welche es gegenüber dem Atom des Stoffes allein hat.

Nun erhebt sich aber alsbald die Frage, warum bemerken wir von den Elektronen nichts in der Lösung? Wenn dieselben mit den Ionen in derselben umherwandern, müßten sie doch durch ihre für uns sehr meßbaren Wirkungen kenntlich werden. Denn es handelt sich bei diesen Elektronen um ganz beträchtliche Elektrizitätsmengen. Die Antwort liegt vielleicht darin, daß die + El und die — El in ihrer Wirkung sich gegenseitig aufheben. Die Entfernungen, in die sie bei der Wanderung der Ionen voneinander geraten, sind für unsere Hilfsmittel noch immer sehr klein. Wir können nur eben spüren, daß ein Potentialunterschied unter Umständen da ist. Das erste, was man tun muß, um eine deutliche elektrische Wirkung zu spüren, ist, daß man + El und — El voneinander trennen muß. Damit ergibt sich für uns eine neue wichtige Rolle, welche der Durchtritt der Ionen durch semipermeable Membranen in dem Leben spielt. Denn ist eine solche Membran z. B. für die Anionen, aber nicht für die Kationen durchgängig, dann werden sich auf ihren beiden Seiten auch entgegengesetzte Mengen von El anhäufen, dann wird es zu einem Potentialunterschied, unter Umständen zu Strömen kommen.

2. Kolloid und Kristalloid.

Mein erstes Kapitel handelte von den isolierten, echt gelösten Molekülen, von den Bewegungen, die sie in der Lösung ausüben, von den Schicksalen, die sie daselbst erleiden. Schon in der ersten Abteilung habe ich aber davon gesprochen, daß die Stoffe, welche für das Leben am allerwichtigsten sind, nicht in einer solchen echten Lösung sich befinden. Wenigstens ist der Zustand, in dem sie sich im Wasser aufgelöst befinden, nicht dem eines Salzes oder eines Zuckers vergleichbar. Graham[1]) hat auf diese Differenz aufmerksam gemacht und für die dieser Art von Lösung unterworfe-

[1]) Graham, Lieb. A. 121, 1. 1862.

nen Stoffe den Namen Kolloide vorgeschlagen, ausgehend von Colla, dem Leim, dessen bekannte Art, eine Gallerte zu bilden, ein Beispiel für das Verhältnis zum Lösungsmittel bildete. Graham hält diesen kolloidalen Zustand für charakteristisch für die, die lebenden Wesen zusammensetzenden Stoffe und brachte sie in Gegensatz zu dem Zustand der anorganischen Stoffe, den er als Kristalloid bezeichnete. Nun brachte die Forschung weiter zwei Arten von Einsichten, die allerdings Graham noch nicht voraussehen konnte. Erstens nämlich gelingt es, zahlreiche anorganische Stoffe, sogar Schwermetalle in den kolloiden Zustand überzuführen und zweitens können kolloide Stoffe, auch solche, die für das Leben außerordentlich wichtig sind, wie die Eiweißkörper, kristallisieren. Anorganisch und kolloidal, Kolloid und Kristalloid schließen einander also nicht aus. Richtig aber ist, daß der kolloide Zustand eine besondere Bedeutung für das Leben hat. Wir müssen deshalb versuchen, herauszubringen, worin er eigentlich besteht.

Fassen wir zunächst einmal anorganische Stoffe ins Auge, welche in kolloidalen Zustand übergehen. Da haben wir z. B. das Eisenoxydhydrat. In gewöhnlichem Zustand ist sein Molekulargewicht, wie es seiner Konstitution entspricht = $Fe_2(OH)_6$. 213,8. In kolloidaler Lösung aber kann das, was wir als Molekulargewicht ermitteln, hinaufgehen, bis zu 6000. Das was hier als Einheit zusammenhält, kann nicht mehr das isolierte chemische Molekül sein, es muß eine Gruppe von solchen sein. Nun haben wir ein Zeichen dafür, daß in einer Lösung sich noch Teilchen befinden, welche die Lichtstrahlen reflektieren in dem sogenannten Tyndallphänomen. Dieses besagt, daß solche Lösungen das einfallende Licht zerstreuen. Dieses zerstreute Licht aber ist polarisiert, was das einfallende nicht war. Es muß das Licht also reflektiert worden sein, durch Teilchen, die die Fähigkeit haben, zu polarisieren.

Nun lassen sich von einem und demselben Stoff, z. B. von As_2S_3 Arsensulfid unter Umständen 4 verschiedene Arten von Kolloidlösungen herstellen. Erstens gibt es Lösungen, bei denen die As_2S_3-teilchen unter dem Mikroskop sichtbar sind, zweitens Lösungen, bei denen das nicht mehr möglich ist, die aber noch keine Diffusion erkennen lassen, drittens Lösungen mit diffusiblem aber nicht filtrierbarem $As_2 S_3$, und viertens endlich Lösungen mit diffusiblem und auch filtrierbarem Sulfid, deren Inhomogenität sich bloß noch

im Tyndallphänomen äußert. Das sind also immer größere resp. kleinere Gruppen derselben Moleküle, die die allmähliche Steigerung bis zur Sichtbarkeit unter dem Mikroskop bedingen. Die neuesten Hilfsmittel der Optiker, einen außerordentlich starken Lichtstrahl in eine Flüssigkeit hineinzuwerfen, lassen uns in der mit bloßem Auge vollkommen durchsichtig erscheinenden kolloidalen Lösung eines Metalls, z. B. des Argentum kolloidale auch die Teilchen desselben in der Lösung mit dem Mikroskope sehen. Wir können demnach nicht im Zweifel sein, daß wir es bei der kolloidalen Lösung nicht mit isolierten Molekülen, sondern mit Gruppen von Molekülen, und zwar wie das Beispiel des Arsensulfids zeigt, mit Gruppen verschiedener Größe zu tun haben.

Wie verhalten sich nun diese Gruppen in der Lösung. Eine Erfahrung der physikalischen Chemiker sagt uns, daß die kolloiden Lösungen keinen osmotischen Druck ausüben, während, wie wir früher gesehen haben, das Ausüben eines solchen Druckes eine besonders wichtige Eigenschaft der echten Lösungen ist. Im ersten Kapitel haben wir gelernt, wie dieser osmotische Druck sich zusammensetzt aus den Stößen, welche die schwingenden Moleküle auf die trennende Membran ausüben. Wenn die kolloidalen Lösungen keinen osmotischen Druck hervorbringen, so bedeutet das, daß die in ihnen enthaltenen Molekülgruppen sich nicht in Schwingung befinden. Betrachtet man unter dem Mikroskop diese Molekülgruppen eines kolloidalen Metalls, so sieht man dieselben allerdings in Bewegung. Aber diese Bewegung ist, wenn man die Vergrößerung, welche das Mikroskop ihr angedeihen läßt, berücksichtigt, eine sehr langsame. Sie ist auch ganz unregelmäßig, nicht eine der Temperatur proportionale, wie man sie nach der Theorie van t'Hoffs von den Molekülen erwarten müßte. Ungleich ist sie, nicht bloß in bezug auf den Vergleich der Molekülgruppen untereinander, sondern auch in bezug auf den Vergleich der Zeitmomente untereinander. Sie gleicht der Brownschen Molekularbewegung, wie man sie von suspendierten kleinsten Teilchen unter dem Mikroskope kennt. Diese Brownsche Molekularbewegung ist nur mitgeteilt, und man kommt zu dem Schluß: auch bei diesen Molekulargruppen der kolloidalen Metalle handelt es sich um mitgeteilte Bewegung, und diese Molekulargruppen sind tatsächlich nur in der Flüssigkeit suspendiert. Warum sind sie supendiert? Weil sie so

klein sind. Warum fehlt ihnen die schwingende Bewegung? Weil sie zu groß sind, weil eine Anzahl Moleküle zusammenhängen, weil vielleicht ein Molekül die Bewegung des anderen aufhebt.

Was ist nun die Bedeutung dieses Zustandes für das Leben? Schon in dem ersten Abschnitt der ersten Abteilung habe ich ausgesprochen, daß eine besondere Begründung des Lebens in der Beziehung zwischen Kraft und Form bestehe. Nun haben auch die nicht kolloidalen Moleküle die Tendenz, in eine Form überzugehen. Diese Form ist eben die Kristallform. Bei dem Übergang in diese Form, ebenso wie aus dieser Form in die Lösung werden auch gewisse Kräfte entwickelt, wie die physikalischen Chemiker immer deutlicher beobachten. Es liegt aber zwischen dieser Annahme einer bestimmten Form in den Kristallen und der echten Lösung eine große Kluft. Dort die feste Vereinigung einer Anzahl Moleküle, ohne Veränderung für Jahre und Jahrhunderte, hier das isolierte Schwingen der Moleküle, die unaufhörliche Ortsveränderung nur unter dem Einfluß der Temperatur. Zwischen den beiden stellt die kolloidale Lösung eine Art Zwischenzustand dar. Die Moleküle sind nicht isoliert, sie sind in Gruppen vereinigt. Darin ist schon die Annäherung an den festen Aggregatzustand gegeben. Aber diese Gruppen sind noch so klein, daß sie sich nicht ausscheiden, daß sie noch suspendiert sind in dem Lösungsmittel. Einesteils hat man die Annäherung an die Bildung der Form, anderenteils die Suspension in der Lösung, die der Entwickelung der Kräfte günstig ist. Ein solcher Zwischenzustand ist aber den lebenden Wesen, die charakterisiert sind durch ihre Verknüpfung von Kraft und Form, durch ihre fortwährende Veränderung der Form unter Kraftentwickelung besonders günstig. Die Anekdote aus der Autobiographie von C. E. von Bär, die ich im ersten Abschnitt erzählte, legt Zeugnis dafür ab, wie dies anschaulich erkannt wurde. Nun gibt es aber noch ein Experiment, welches zeigt, daß in dieser kolloidalen Lösung, nicht bloß innerhalb der Molekülgruppen eine gewisse Form herrscht, sondern wie auch die Molekülgruppen in ihrer Suspension zueinander eine gewisse Form herstellen. Wenn man nämlich eine solche kolloidale Lösungen in passender Weise ausfällt, so bekommt man eine wabenartige Struktur. Die Molekülgruppen und das Lösungsmittel sind nicht überall in gleicher Anordnung. Räume, in denen das Lösungsmittel vorwiegt, werden umschlossen von

Wänden, in denen die Molekülgruppen vorwiegen, oder auch umgekehrt. Worauf das nun beruht, werden wir in folgendem Kapitel sehen.

3. Anorganische und organische Kolloide.

Es gibt nicht bloß organische, es gibt auch anorganische Kolloide. Unter den letzteren ist vielleicht das am längsten bekannte, die kolloide Kieselsäure. Was nun für die organischen Kolloide gilt, namentlich was ihre Suspension im Wasser, das Durchdringen der Molekülgruppen mit Wasser betrifft, das gilt auch für die anorganischen. Eine Frage, die uns nun zu interessieren beginnt, ist, wie verhält sich die Kombination eines anorganischen mit einem organischen Kolloide? Wenig Versuche scheinen darüber angestellt zu sein. Kühne[1]) hat zuerst Versuche gemacht, aus kolloidaler Kieselsäure Nährböden für Organismen zu gewinnen. Damit meint er freilich nicht, daß sich die Organismen von der Kieselsäure ernähren sollen, sondern er meint, daß dieselbe ein festes Stützgerüst darbieten würde, auf und in welchem die Organismen leben könnten, wie sonst in einer Leimgallerte. Er trennt die mechanischen und die chemischen Leistungen, welche ein solcher Nährboden den Organismen darbietet, und er hält diese Trennung für einen Vorteil, denn er betont, daß in einem solchen Kieselsäure-Nährboden der Stichkanal, der zur Impfung diene, sich niemals durch Auflösen des Substrates erweitern könne, sondern erst von der Zeit an als trüber Streifen sichtbar wird, wo sich genügende Mengen von Organismen entwickelt haben. Als chemisches Nährmaterial setzt er der Kieselsäure zunächst Fleischextrakt dazu, dann aber untersucht er auch den Zusatz von Kohlenhydraten und Eiweißkörpern. Die ersteren verursachen keinerlei Störungen, unter den letzteren findet er das Natronalbuminat besonders geeignet. Dabei macht er folgende für uns wichtige Erfahrung: „Natronalbuminat nach Lieberkühns Vorschrift fast rein bereitet und durch Abdampfen auf dem Wasserbad ziemlich konzentriert von kaum bemerkbarer alkalischer Reaktion, wird durch die Kieselsäure zuerst etwas getrübt, und es

---

[1]) Kühne, Kieselsäure als Nährboden für Organismen. Zeitschr. für Biol. XXVII n. F. IX.

mag auch sein, daß sich beim Kochen ein wenig in den kaum zerstörbaren Schaum abscheidet; was man davon jedoch wasserklar abfiltriert, erweist sich noch reich an Albumin und koaguliert durch den gewöhnlichen Zusatz von NaCl ohne Trübung vortrefflich."

Hier hat man ein Beispiel von dem, was möglich ist. Dieses Natronalbuminat ist der Typus eines organischen Kolloids, und die Vermischung desselben mit dem anorganischen gelingt vortrefflich. In all den Maschenräumen des anorganischen Kolloids findet sich das organische, sonst könnte es nicht die Mikroorganismen ernähren, in allen Maschenräumen des organischen findet sich das anorganische, sonst könnte es nicht als Stützgerüst dienen. Dabei stört kein Kolloid das andere, sonst könnte die Mischung nicht wasserklar filtrieren. Wie aber trotzdem die organischen Substanzen die Eigenschaften dieser anorganischen Grundsubstanz beeinflussen können, zeigt uns gleich die weitere Bemerkung Kühnes „Amphopepton aus Fibrin mit Pepsin und Antipepton durch Trypsinverdünnung bereitet, beide frei von Albumosen, und mit Phosphorwolframsäure weiter gereinigt erzeugen in keinem Verhältnis Ausscheidungen, verzögern jedoch die Gerinnung der Kieselsäure durch Sieden mit Kochsalz beträchtlich usw.".

Endlich sagt Kühne: Ein Vorteil der in Kieselsäure angekommenen Kulturen liegt darin, daß man sie, in dünnen Stückchen der Gallerte eingefangen nicht nur bequem mikroskopisch untersuchen, sondern auch in fixiertem Zustande weiteren chemischen Behandlungen unterwerfen kann.

So werden denn für uns die Fragen wachgerufen, ob es sich nicht auch bei den lebenden Wesen, die wir im Auge haben, um eine Trennung der mechanischen Leistungen von den chemischen handelt. Deutet der konstante Aschegehalt der organisch gefundenen Stoffe, namentlich der Eiweißkörper darauf hin, daß sich innerhalb des organischen Kolloids noch ein anorganisches findet? Ist dieses Stützgerüst deshalb so wenig wahrnehmbar, so wenig hinderlich für die Bewegungen, weil es sich um ein anorganisches Kolloid handelt, welches sehr viel Wasser aufgenommen hat? Lehren uns doch die Chemiker, daß man ein Kieselsäurekolloid fast unbegrenzt verdünnen kann, ohne daß es den Kolloidcharakter einbüßt. Und muß es gerade Kieselsäure sein, oder muß es allein Kieselsäure sein? Können nicht auch andere anorganische Stoffe

das Material für ein solches kolloidales Gerüst liefern? Muß endlich die Beziehung zur organischen Substanz ganz identisch sein, kann z. B. immer nur die anorganische als Stütze, die organische als Einlagerung vorhanden sein, kann es nicht auch umgekehrt vorkommen? Das sind Fragen, zu deren Beantwortung uns vorläufig das Material fehlt, ich werfe sie auf, damit man an diese Möglichkeiten denke.

4. Suspension, Quellung, Koagulation und Fällung.

Wenn man, wie im vorletzten Kapitel berichtet wurde, eine wabenartige Struktur der Kolloidlösung bei der Ausfällung beobachtete, so kann man dasselbe auch auf dem umgekehrten Wege wahrnehmen. Man kann auch Wasser in ein Kolloid eindringen lassen, und indem dasselbe allmählich aufquillt, bemerkt man auch eine Gliederung von zweierlei Arten von Räumen, in denen sich Kolloid und Lösungsmittel verschieden zueinander verhalten. Graham[1]) hat zuerst diese Erfahrung gemacht, und er nannte die Räume, in denen das Wasser überwog, Hydrosol; die, in denen das Kolloid überwog, Hydrogel. In den ersteren näherte sich das Kolloid der Solution, daher der Name Hydrosol, in den letzteren der Gallerte oder Gelatine, daher der Name Hydrogel. Gewöhnlich umfaßte das Hydrogel das Hydrosol, es konnte aber auch umgekehrt sein. Nun hat man sich zunächst das doppelte Verhalten von Kolloid und Lösungsmittel durch ein Beispiel, das eine einfache Anschauung gibt, erläutert. So ist z. B. Äther in Wasser löslich, aber auch Wasser in Äther. Gießt man z. B. Äther in Wasser, so erhält man zunächst Lösungen von Äther in Wasser. Übersteigt nun die Menge des zugegossenen Äthers seine Löslichkeit im Wasser, so bleibt ungelöster Äther, und dieser löst seinerseits Wasser auf. Man hat also 2 Dinge nebeneinander: Wasser, das Äther aufgelöst hat, und Äther, der Wasser aufgelöst hat. Ähnlich ist es nun mit den kolloidalen Lösungen in Wasser. Wasser löst die Kolloide, und die Kolloide lösen Wasser. In dem Hydrosol hätte man den ersteren, in dem Hydrogel den letzteren Zustand. Bald aber erhebt man die Frage, was begründet eigentlich das Verhältnis von Kolloid und Lösungsmittel in dem einen und in dem

[1]) Graham, Lieb. Ann. 121 (1861).

anderen Falle? Wenn die Kolloide aus Molekülgruppen bestehen, die in dem Hydrosol, im Lösungsmittel suspendiert sind, im Hydrogel das Lösungsmittel in ihren Maschen enthalten, was bedingt diesen Gegensatz? Und was bedingt weiter das Verhältnis zum Lösungsmittel? Im vorletzten Kapitel habe ich gesagt, diese Molekülgruppen sind suspendiert, weil sie zu klein sind, um auszufallen. Aber die Schwere wirkt doch auch auf kleine Massen. Was für eine Kraft ist es also, die hier der Schwere entgegenwirkt? Da erinnern wir uns nun an eine Erfahrung bei den lebenden Wesen, über die ich schon im vorigen Abschnitt gesprochen habe. Es sind immer gewisse Salze in den kolloiden Lösungen der Eiweißkörper vorhanden. Immer wieder tritt uns dieses Faktum entgegen, wo wir es mit den lebenden Wesen oder mit den Eiweißkörpern zu tun haben, so daß uns die Existenz eines salzfreien Eiweißes als ein Unikum erscheint, ein Unikum, dessen Existenzfähigkeit noch von vielen bestritten wird. Was haben nun die Salze mit den Eiweißkörpern zu tun? Die Beobachtung lehrt uns bald, daß sie auf die kolloidale Lösung oder Suspension, wie wir jetzt sagen wollen, einen Einfluß haben. Die Eiweißkörper fallen sowohl aus, wenn wir die Salze wegnehmen, als wie sie suspendiert werden, wenn wir sie zufügen. Das heißt, wenn wir die richtigen zufügen. Wir bemerken, daß zunächst ein Unterschied vorhanden ist in bezug auf die Reaktion. Nicht alle Salze reagieren neutral, manche auch alkalisch, manche sauer. Man bemerkt, daß die alkalischen oder die sauren Salze den oder jenen Eiweißkörper besser lösen. Die freien Alkalien und die freien Säuren sind in der Beziehung noch flinker, nur dürfen sie nicht konzentriert, sie müssen verdünnt sein. Es kommt also auch auf das Lösungsmittel an. Was sind nun Alkali oder Säure, wenn wir von der speziellen Natur des Stoffes absehen? Ja sie sind der Ausdruck eines elektrischen Gegensatzes, sie bedeuten einen Zustand, indem die einen sich an der Kathode, die anderen an der Anode eines elektrischen Stromes abscheiden. Da erinnern wir uns aus Kapitel 1, daß auch die Salze in verdünnter Lösung entsprechend einem solchen elektrischen Gegensatz zerfallen in Anionen und Kationen. In verdünnter Lösung aber sind die Salze immer in den kolloiden Eiweißsuspensionen. Wo die Salzlösung konzentriert wird, da beeinträchtigt sie die Suspensionsfähigkeit des Eiweißes. Es ist also wahrscheinlich die Gegenwart

von Anionen und von Kationen in der Flüssigkeit, die die Suspension des Eiweißes bedingt. In dieser Auffassung wird man bestärkt durch das Verhalten der zwei- und der dreiwertigen Glieder der Salze. Bei diesen wiederholt sich der Vorgang der Bindung, welcher der elektrolytischen Spaltung in Anion und Kation entgegengesetzt ist, zwei- oder dreimal. So gut wie nun Anione und Katione das Eiweiß lösen können, so gut können sie auch, wenn sie gerade den der Lösung entgegensetzenden Vorgang anregen, dasselbe aus der Lösung niederschlagen. Wir wollen das ausflocken oder koagulieren nennen. Nun kann das Eiweiß sowohl den Charakter einer Säure wie einer Basis annehmen, und wir wollen das, um gleich auf den Grund unserer jetzigen Betrachtung zu kommen, ausdrücken als positiv oder negativ. Läßt man nun ein und dasselbe Eiweiß so oder so in einer Lösung erscheinen, so kann man sich die Bedeutung der Wertigkeit wie des Ionencharakters sehr gut veranschaulichen. Man findet nämlich

E i w e i ß p o s i t i v.

Es koagulieren

sofort	nicht
$Al_2(SO_4)_3$	$Cu\,Cl_2$
$Cu\,SO_4$	$Cd\,(NO_3)_2$
$K_2\,SO_4$	$Ba\,Cl_2$
Na_2SO_4	$Na\,Cl$
$Mg\,SO_4$	
mehrfach geladene Anionen.	einfach geladene Anionen.

E i w e i ß n e g a t i v.

Es koagulieren

sofort	bei gelindem Erwärmen	nicht
$Al_2(SO_4)_3$	$Mg\,SO_4$	$Na_2\,SO_4$
$Cd\,(NO_3)_2$	$Ba\,Cl_2$	$K_2\,SO_4$
$Cu\,SO_4$	$Ca\,Cl_2$	$Na\,Cl$
$Cu\,Cl_2$		
mehrfach geladene Kationen.		einfach geladene Kationen.

Die Ionen nehmen somit etwas weg, was das Eiweiß in Lösung erhält. Betrachtet man, wie wir früher sahen, das was ein Ion charakterisiert, als eine elektrische Ladung, so sieht man, je stärker die elektrische Ladung eines Ions ist, um so stärker wirkt es auf die

Suspension des Eiweißes. Ist das Eiweiß gleichgeladen, so fällt das Ion aus, ist es entgegengesetzt geladen, so wird die Suspension begünstigt. Eine doppelte, eine dreifache Ladung durch eine doppelte oder dreifache Wertigkeit, wirkt doppelt oder dreifach gegenüber der einfachen. Hardy[1]) zog zuerst den Schluß, daß die Suspension der kolloiden Molekülgruppen des Eiweißes auf einem elektrischen Vorgang beruhe. Benützen wir diese Vorstellung zunächst, um uns die wabenartige Anordnung klarzumachen. Salze, die in Anionen und Kationen zerfallen, durcheilen das Lösungsmittel und tragen eine elektropositive oder elektronegative Ladung an verschiedene Orte desselben. Das Eiweiß aber kann die Rolle einer Säure oder Basis annehmen, d. h. es kann positiv oder elektronegativ werden. Je nach dem Gegensatz zu dem Lösungsmittel wird es an dem einen Ort das eine, an dem anderen Ort das andere. Und je nachdem es das eine oder das andere wird, ordnet es seine Molekülgruppen im Verhältnis zum Lösungsmittel. Wenn aber dem Eiweiß der elektrische Gegensatz gegen das Lösungsmittel entzogen wird, dann macht sich der Einfluß der Schwere geltend und es fällt aus. Bredig[2]) vergleicht dieses Ausfallen des Eiweißes dem Lippmannphänomen im Kapillarelektrometer. Wie der Quecksilbermeniskus je nach der elektrischen Ladung, die er erhält, **entgegen** oder **mit** der Schwere auf und ab eilt, so auch die Molekülgruppen des Eiweißes in dem Lösungsmittel. Ausfallen aber bedeutet für das Eiweiß den Übergang aus dem in der Flüssigkeit suspendierten Zustand zu dem festen, in dem die Molekülgruppen zusammenhängen. Noch ist hierbei die wabenartige Struktur nicht verloren. Wir erkennen sie noch in dem geronnenen Blut, in der geronnenen Milch, wo die Fäden des Koagulums die Flüssigkeit in ihren Maschen umfassen. Noch ist die Konstitution des Eiweißmoleküls nicht verändert, wie uns die Gürber'schen Eiweißkristalle zeigen, die durch die Hitze koaguliert, ihre Kristallform nicht änderten.[3]) Aber eben diese sich durchschlingenden Fäden des koagu-

[1]) Hardy, Journ. of Physiology 24, 158 und Hardy, Vorl. Untersuchungen d. Beding., welche d. Stabilität v. umkehrb. Hydrosolen bedingen. Zeitschr. für physik. Chemie 33, 385.

[2]) Bredig, Anorganische Fermente 1901.

[3]) Gürber, Kristalle von Serumalbumin. Sitzsber. d. Phys. med. Ges. Würzburg 1899.

lierten Eiweißes sind die einfachste Form der tierischen Membran, die einfachste Anlage der lebenden Wesen. Ein elektrisches Phänomen erhält die Molekülgruppen des Eiweißes in der Flüssigkeit in Suspension. Das elektrische Phänomen wurde unterhalten durch den elektrolytischen Zerfall der Salze in Ionen in der Lösung. Jede Änderung dieses Zerfalls konnte den elektrischen Zustand der Lösungsmittel und damit die Ausscheidung des Eiweißes beeinflussen. Führt diese Ausscheidung zur Bildung der Lebensformen, dann beginnen wir etwas von der leichten Beeinflußbarkeit des Lebens zu verstehen. Aber welchen Einfluß haben dann wieder die so entstehenden Formen auf die zu entwickelnden Kräfte des Lebens?

5. Elektrische Erscheinungen.

Wenn es ein elektrisches Phänomen ist, das die kolloiden Molekulargruppen in Lösung erhält, so dürfen wir uns nicht wundern, elektrische Erscheinungen überall in den lebenden Wesen auftreten zu sehen. Wir müssen uns nun zunächst nach der Quelle derselben umschauen. Erinnern wir uns zu diesem Behufe zunächst an die Nernst'sche[1]) Zonentheorie. Aneinander grenzen Salzsäure und reines Wasser. Die erstere diffundiert in das letztere. Aber nicht Salzsäure, nicht HCl-Moleküle sind es, die das tun, sondern diese zerfallen, wie wir das schon gesehen, in die H- und die Cl-Ionen. Die Geschwindigkeit dieser beiden ist verschieden groß, und bald würde das leicht bewegliche H dem langsameren Cl voraneilen, wenn nicht ein Hindernis für diese Trennung vorhanden wäre. Dieses Hindernis liegt in der Anziehung, welche die elektrischen Ladungen dieser Ionen aufeinander ausüben. Die positive Ladung des einen zieht die negative Ladung des anderen an, und so können sie nur durch eine unendlich kleine Entfernung voneinander sich trennen. Es ist daher nur eine unendlich kleine Zone, in der die elektrische Ladung des Wassers different wird, ein Potential darbietet. Wohl aber wird diese Zone meßbar, wenn wir diese Diffusion in einem starken magnetischen Felde vor sich gehen

[1]) Nernst, Theoretische Chemie 1898.

lassen. Dann üben die Kräfte desselben ihren Einfluß auf die elektrischen Ladungen aus und sind imstande, die Wege der Ionen zu lenken. Ein anderes Hilfsmittel, das schon im 8. Kapitel berührt wurde, um uns von der Trennung in die elektrisch verschieden geladenen Ionen zu überzeugen, besteht darin, daß wir zwischen Anion und Kation eine Scheidewand aufstellen. Das kann nur eine Scheidewand sein, welche in unserem Versuche, das eine Ion auf seiner Wanderung hindurchläßt, das andere aber nicht. Dann müssen sich nach einiger Zeit auf der einen Seite alle Ionen mit positiver, auf der anderen Seite alle Ionen mit negativer Ladung ansammeln, und wenn man eine leitende Verbindung des Wassers auf beiden Seiten herstellt, so wird durch dieselbe ein elektrischer Strom fließen, den ein Galvanometer anzeigt. Einen solchen Strom hat man nun im tierischen Organismus an manchen Orten, namentlich im Muskel und Nerven entdeckt, und die genauere Untersuchung in neuester Zeit hat nachgewiesen, daß derselbe seine Entstehung der Trennung durch eine Scheidewand verdankt. In der Tat sind die tierischen Membranen, namentlich das, was wir Plasmahäute nennen, zu einer solchen Trennung besonders geeignet. Mannigfache Erfahrungen belehren uns, daß dieselben bald nur Anionen, bald nur Kationen durchlassen. Wenn wir uns vorstellen, daß zu den Entstehungen solcher Häute der Prozeß führen muß, den ich im vorstehenden Kapitel schilderte, nämlich die Ausscheidung des kolloidalen Eiweißes, so sehen wir sehr wohl ein, daß dieselben wieder die Quelle elektrischer Erscheinungen werden können. Elektrisch war das Phänomen, welches die Molekülgruppen des Eiweißes in Lösung erhält. Die Elektrizität wurde hervorgebracht durch die elektrische Ladung der Anionen und Kationen, in welche die Salze zerfielen. Der wabenartige Charakter der Verteilung der Molekülgruppen wurde durch die elektrischen Gegensätze hervorgebracht. Bei der Ausscheidung des Eiweißes erhielt sich der wabenartige Charakter in dem netzartigen des ausgeschiedenen Koagulums. Das alles haben wir vorhin gesehen. Kein Wunder, daß wir uns sagen, die Maschen dieses Netzes müssen so beschaffen sein, daß sie entweder nur Anionen oder nur Kationen gestatten, hindurchzugehen, je nach der Natur des Vorganges, der zur Ausscheidung führte. Vielleicht ist es auch nur eine bestimmte Art von Anion oder eine bestimmte Art von Kation, die hindurch-

kann. Nun sind Bernstein[1]) und Brünings[2]) ziemlich gleichzeitig daraufgekommen, eine schon lange bekannte Erscheinung, die des sogenannten elektrischen Ruhestroms im Muskel auf diesen Durchtritt zurückzuführen. Im quergestreiften Muskel ist der Inhalt der Muskelfibrille von der Lymphe die sich zwischen den Fibrillen findet, getrennt durch eine Haut, nennen wir sie Plasmahaut. Diese Haut ist nur durchlässig für Kationen. Wenn die Salze innerhalb des Muskels sich spalten, wie sie das ja vermöge der Bewegung tun werden, so bleiben die Anionen, die positiv geladenen Ionen im Muskel zurück. Legt man nun an dem Muskel eine Verletzung an, die die Plasmahaut durchtrennt, am einfachsten einen Querschnitt, so fehlt an dieser Stelle die Bevorzugung der negativ geladenen beim Durchtritt. Beide Ionen können den Muskel verlassen, und deshalb wird diese Stelle negativ sein gegen den Längsschnitt, an dem die Anionen zurückgehalten werden. Es hat aber dieser Ruhestrom noch seine Besonderheit für unsere Analyse. Zunächst ist er doch etwas künstlich Erzeugtes, denn wir arbeiten ja mit dem unverletzten Muskel im Leben. Aber er hat Beziehung zu dem bei der Tätigkeit im Muskel entstehenden Strom, dem Aktionsstrom. Und den Weg, uns diese Beziehung zu erklären, hat Höber[3]) gezeigt. Ihm kam es zunächst darauf an, zu erforschen, welches das Kation sei, das bei der Erzeugung des Ruhestroms aus den Fibrillen durch die Plasmahaut austrete. Zu diesem Zweck hängte er das Ende eines unverletzten Sartorius des Frosches in eine Salzlösung unter Herstellung der zur Wahrnehmung des Stromes dienenden Verbindung. Enthielt diese Salzlösung das aus dem Muskel austretende Kation in isotonischer Menge, so wurde dessen Austritt aus der Muskelfibrille, soweit sie eintauchte, verhindert. Es mußte deshalb dieser Bezirk negativer sein, als der Längsschnitt an der Mitte des Muskels, wo der Austritt des Kations in die Interfibrillarräume ungehindert stattfinden konnte. Bei der Anwesenheit verschiedener Salze bemerkte nun Höber, daß die Erfolge in bezug auf Stärke und Richtung des Stromes gestatteten, dieselben wohl

[1]) Bernstein, J., Neue Theorie d. Erregungsvorgänge u. elektr. Erscheinungen in d. Nerven u. Muskelfaser. Naturwiss. Rundschau III, 28.

[2]) Brünings, W., Beiträge zur Elektrophysiologie. Pfl. A. 100, 367.

[3]) Höber, R., Über den Einfluß der Salze auf den Ruhestrom des Froschmuskels. Pfl. A. 106, 599.

den Anionen wie den Kationen nach in Reihen zu ordnen. Die Stromrichtung wurde bei der Anwesenheit einiger Salze umgekehrt. Das bedeutet der ideale chemische Querschnitt, der durch das Einhängen des Muskels erzeugt wird, wird nicht nur nicht negativ, sondern sogar positiv gegen den Längsschnitt. Das bedeutet weiter eine Veränderung in der Durchlässigkeit der Plasmahaut unter dem Einfluß der Salzwirkung, und zwar sind hieran sowohl deren Anionen wie deren Kationen beteiligt. Indem Höber nun nach den Ursachen einer solchen Veränderung der Plasmahaut suchte, entdeckte er, daß die Reihe, in der sich die Anionen wie die Kationen ordnen, übereinstimmt mit dem Einfluß, welchen dieselben auf die Ausfällung der Eiweißkörper zeigen, und er schließt, es ist eben die Ausfällung der Eiweißkörper, welche die Art, wie die Plasmahaut die Ionen durchläßt und damit die elektrischen Erscheinungen bedingen. Versuche, welche Gordon[1]) über den Einfluß der Salze im Organismus angestellt hat, haben dann weiteren Aufschluß über die Veränderlichkeit der Plasmahäute gegeben. Wir merken uns hieraus zweierlei. Es ist also erstens nicht ein *unveränderliches* Gerüst von solchen Häuten, das den Organismus und die Zellen durchzieht. Zweitens diese Häute kommen zustande, wie wir es in den vorausgehenden Kapiteln annahmen, durch Ausfällen der kolloidalen Molekulargruppen der Eiweißkörper unter dem Einfluß der Ionen. Wir verstehen dann weiterhin die Entstehung des Aktionsstroms im Muskel. Der Reiz, sei es der direkte, oder wie im Leben, die von Nerven herstammende Erregung, ändert von innen her die Plasmahaut und damit die Bedingungen für den Durchtritt der Ionen. Davon aber werde ich gleich noch zu sprechen haben.

---

6. Stereochemie.

Auf den Physiologen übte es den Eindruck einer plötzlichen Erleuchtung aus, als die Chemiker auch dem Atom eine Raumerfüllung, eine Gestalt zuwiesen. Es war ja so selbstverständlich, daß das Element, welches die Materie aufbaute, auch einen Raum

[1]) Gordon, D., Versuche größtenteils referiert in Höber, R. u. Gordon, D., Zur Frage der physiol. Bedeutung der Kolloide. Hofmeisters Beitr. z. chem. Phys. u. Path. V, 9.

einnehmen müsse, aber man glaubte mit der Bemerkung, daß er unendlich klein sei, die Sache abgetan. Daß verschiedene Atome nicht den Raum in gleicher Weise einnehmen, daß diese Art der Raumerfüllung, die Gestalt, charakteristisch für die Atome, bestimmend für ihre Wirksamkeit sein könne, darum kümmerte man sich nicht. Ich will nicht auf all die Hoffnungen eingehen, die van t'Hoffs[1]) und le Bels[2]) Hypothese, daß die Gestalt des Kohlenstoffatoms ein Tetraeder sei, erweckte. Aber an der Polarisation und an dem assymmetrischen Kohlenstoffatom hat sich zuerst verdeutlicht, die Wirkung, welche auf die Physiologie ausgeübt werden müsse von seiten der Stereochemie. Pasteur[3])hatte uns zuerst die Kenntnis vermittelt, wie nicht bloß Kristalle das Licht polarisieren, sondern auch gelöste Substanzen, und zwar solche von einer bestimmten chemischen Konstitution. In Lösungen hatte man es zu tun mit isolierten Molekülen, und man erkannte da zum ersten Male, wie isolierte Moleküle dasselbe leisten wie Kristalle. Pasteur aber ging viel weiter. Er zeigte, wie dieselbe chemische Zusammensetzung das Licht rechts und links oder auch gar nicht polarisieren kann, in der Rechts- und Links-Wein- sowie der Traubensäure. Und dann kam seine Trennung der verschiedenen Modifikationen durch die Auslese der enantiomorphen Kristalle des Salzes, je nachdem die Ecken dieser Kristalle rechts oder links aufgesetzt sind. Was sich also vollzieht an den isolierten Molekülen in der Lösung, die Polarisation, das hat auch wieder Einfluß auf die Kristallbildung da, wo die Moleküle sich zu Gruppen vereinigen. Und wenn dieselbe chemische Zusammensetzung das Licht rechts oder links oder gar nicht polarisieren kann, und wenn die Ursache doch in dem Molekül liegen muß, wo ist dann der Unterschied, der die verschiedene Wirkung bedingt, zu finden? Die Stereochemie fand bald darauf eine Antwort.[4]) Derselbe liegt in der Stellung eines Kohlenstoffatoms zu den mit ihm verbundenen Atomen oder Atomgruppen. Jedes polarisierende Molekül enthält mindestens ein Kohlenstoffatom, das

[1]) van t'Hoff, La chimie dans l'epace 1893.

[2]) le Bel, Bull. soc. chim. 22, 337.

[3]) Pasteur, L., Recherches sur la dissymétrie molekul. des produits. organiques naturels 18, 61.

[4]) Wislicenus, J., Über die räuml. Anordnung der Atome in organ. Molekülen. Abh. d. math. phys. Cl. d. Sächs. Ak. d. Wissensch. 14.

seine 4 Valenzen, durch vier verschiedene Atome oder Atomgruppen gesättigt hat. Man nennt deshalb ein solches Kohlenstoffatom assymmetrisch. Je nach der Ordnung, in der diese verschiedenen Gruppen aufeinanderfolgen, wird die Polarisation des Lichtes bewirkt. Von besonderer Wichtigkeit erscheinen dabei H und HO, und je nachdem sie rechts oder links von dem Kohlenstoffatom stehen, wird die Polarisationsebene des Lichtes rechts oder links gedreht. Enthält ein Molekül zwei assymmetrische Kohlenstoffatome von einander entgegengesetzter Ordnung der H und HO-Gruppen, die mit dem Kohlenstoff verbunden sind, so heben dieselben ihre Wirkung auf, es erfolgt keine Polarisation. Und das gleiche findet statt, wenn sich je ein Molekül einer Verbindung, die für sich polarisiert, mit einem Molekül der entgegengesetzt polarisierenden Verbindung racemisch vereinigt.

Pasteur hat nun besonderen Wert darauf gelegt, daß solche polarisierende Moleküle nur von lebenden Wesen gebildet werden. Dieselben Substanzen, wenn sie außerhalb der lebenden Wesen gebildet werden, sind in der nicht polarisierenden Modifikation zu finden. Und wenn man auf eine solche nicht polarisierende Modifikation auf eine racemische Verbindung, einen Pilz aussät, so wird nur der eine Partner weggenommen, der andere bleibt zurück.[1]) Das lebende Wesen braucht für seinen Lebensprozeß nur eine der polarisierenden Modifikationen, ebenso wie es nur eine derselben bildet.

Die Ordnung der Sättigung der Valenzen des assymetrischen Kohlenstoffatoms, welche die Ursache der Polarisation ist, muß daher in einer bestimmten inneren Beziehung zum Leben stehen. Diese Anschauung von Pasteur ist etwas in Hintergrund gedrängt worden, seit man gelernt hat, auch polarisierende Substanzen künstlich, synthetisch darzustellen, namentlich durch E. Fischers[2]) Synthesen der polarisierenden Zuckerarten. Indessen wenn das auch gelingt, bleiben Pasteurs Argumente für die Beziehung der Ordnung der Kohlenstoffvalenzen zu dem Lebensprozeß doch bestehen. Einstweilen freilich ist eine Aufklärung in dieser Richtung noch weit entfernt. Den ersten Schritt freilich entnehmen wir

[1]) Landolt, Optisch. Drehungsvermögen. 2 A. 1898.
[2]) E. Fischer, Berl. Ber. 22 u. folg.

wieder Pasteurs Beobachtungen. Die Polarisation, d. i. die Stellung von H und HO zum C in der assymmetrischen Gruppe, bedingt die Form der Kristalle. Die Stellung der Atome, ihre Gruppierung innerhalb des Moleküls bedingt die Gruppierung der Moleküle innerhalb des Kristalls.

Schon lange hatte man gewußt, daß die chemische Zusammensetzung die Kristallform bedingt. Man hatte dann zwar isomorphe Kristalle kennen gelernt und allmählich eingesehen, daß diese Isomorphie auf verschiedene Zusammensetzungen, aber Komponenten von der gleichen Wertigkeit, der gleichen Valenzzahl zurückzuführen sei. Jetzt sah man auf einmal ein, daß es auf die Gruppierung der Atome ankomme, daß der Kristall ein sichtbarer Ausdruck dieser Gruppierung sei. Die erste Beziehung zwischen der chemischen Zusammensetzung und der Form war damit gegeben. Und im Anschluß an Pasteur erwachte der Gedanke, daß zwischen den Formen der lebenden Wesen und ihrer Eigenschaft, polarisierende Substanzen zu bilden und zu verbrauchen, ein Band sei.

Aber lebende Wesen sind doch keine Kristalle. In ihnen ist alles veränderlich, in Bewegung, im Kristall ist alles tot und starr. Und die wichtigsten Elemente der lebenden Wesen kommen in ihnen gar nicht in Kristallform vor, die Eiweißkörper als Kolloide, die Fette als Flüssigkeiten. In den vorausgehenden Kapiteln habe ich mir Mühe gegeben zu zeigen, daß die Kolloide auch Gruppen von Molekülen sind und daß ihre Gruppierung nach bestimmten Formen erfolgt. Für die Fette behalte ich mir noch vor, einiges zu sagen. Aber schon wissen wir, daß wenn das Fett als Flüssigkeit auftritt, wir es in kugelförmigen Tropfen vor uns haben.

Nun ist uns die Stereochemie gerade in der umgekehrten Richtung noch ein Wegweiser geworden. So wie wir bis jetzt gesehen haben, daß die chemische Zusammensetzung die Ursache ist für die Form, so lernten wir durch sie auch kennen, wie die Form die Ursache sei für die chemische Zusammensetzung.

Es gibt nämlich gewisse Verbindungen des Stickstoffs, die Oxime, welche in zwei verschiedenen Modifikationen vorkommen.[1]) Gerade wie bei den polarisierenden Verbindungen ist die Zusam-

[1]) Hantzsch, Grundriß d. Stereochemie 1893 u. Hantzsch u. Werner, Berl. Ber. 23.

mensetzung, die Konstitution aus Atomen bei beiden vollkommen gleich. Es handelt sich um die Gruppierung, die verschieden ist. Hier ist es die Stellung des N zum O, die den Ausschlag gibt. Projizieren wir dieselbe auf einer Ebene, wie wir einstweilen müssen, so steht das eine Mal der O rechts, das andere Mal links vom N. Dabei kommt dann noch das Stammradikal in Betracht, so daß der Stickstoff das eine Mal nach der einen Seite, das andere Mal nach der anderen Seite gebogen erscheint. Die eine Modifikation ist nun stabil, die andere labil, d. h. eine geringe Veränderung der äußeren Bedingungen, eine mechanische Erschütterung sogar kann sie zerstören. So sehen wir hier auf einmal Bewegungen, die im Raume vor sich gehen, einen Einfluß auf die chemische Zusammensetzung ausüben. Die Erhaltung einer bestimmten Stellung im Raume seitens der Atome ist die Bedingung dieser Zusammensetzung.

7. Wechselströme.

Man kann die vorausgehenden Kapitel nicht lesen, ohne eine gewisse Sehnsucht zu empfinden, die Anwendung der geschilderten von der physikalischen Chemie ermittelten Kräfte auf den Organismus wirklich zu sehen. Was die Osmose leistet, haben wir zwar früher schon zum Teil geschildert, was die Oxydation und der Zerfall durch elektrische Ströme vermag, wurde, so wollen wir einmal sagen, geahnt, denn mehr kann das, was wir darüber sagten, einstweilen nicht sein. Aber doch haben wir ein durch Experimente bestätigtes Beispiel über das, was elektrische Ströme, und zwar Wechselströme vermögen. Es betrifft das wichtigste, stickstoffhaltige Zersetzungsprodukt des Organismus, den Harnstoff, und stammt von Drechsel.[1]) Derselbe machte darauf aufmerksam, daß man den Harnstoff nicht, wie es gewöhnlich geschieht, als ein Biamid der Kohlensäure ansehen dürfe. Die beiden Amidogruppen, die sich in ihm finden, können nicht die gleiche Bedeutung haben, denn nur mit einer derselben, nicht mit der anderen bildet der

[1]) Drechsel, Über die Bildung des Harnstoffs im tier. Organismus. Arch. f. A. u. Ph. Phys. Ab. 1888.

Harnstoff Salze. Drechsel leitet ihn daher ab von der Karbaminsäure und betrachtet ihn als Amid derselben. Wenn Karbaminsäure Ammoniak in einer Lösung antrifft, so entsteht karbaminsaures Ammonium. Dieses muß nun um die Elemente des Wassers ärmer werden, damit sich daraus Harnstoff bilden kann. Drechsel sah voraus, daß unter dem Einfluß elektrischer Wechselströme ein solcher Wasseraustritt stattfinden könne. An dem einen Pol würde sich durch Zerlegung des Wassers der Lösung Hydroxyl ausscheiden, und dieses Hydroxyl würde ein Wasserstoffatom aus dem karbaminsauren Ammonium anziehen und mit demselben Wasser bilden. Im nächsten Moment kehrt sich die Richtung des Stromes um, und an der Stelle, wo sich vorher Hydroxyl ausgeschieden hat, scheidet sich nun Wasserstoff aus dem Lösungswasser aus. Und dieser Wasserstoff wirkt nunmehr anziehend auf das zurückgebliebene Hydroxyl; es wird auch dieses weggenommen.

Das Experiment gab Drechsel recht, es bildet sich wirklich Harnstoff in einer Lösung von karbaminsaurem Ammonium unter dem Einfluß von Wechselströmen. Die Bildungsstätte des Harnstoffs im Organisums ist die Leber. Und dahin verlegt auch Drechsel den Ort, wo die Wechselströme wirken. In die Leber hinein führt das Blut Kohlensäure und Ammoniak, die bei der Zersetzung der Eiweißkörper auf manchem Umweg entstehen. Schon im Blut entsteht aus der Vereinigung der beiden zuerst Karbaminsäure, dann karbaminsaures Ammonium. Die Wechselströme in den Leberzellen entziehen diesem das Wasser und machen daraus Harnstoff. Aber sind denn in der Leberzelle Wechselströme? Ja Kenntnis haben wir davon nicht, indessen Ströme, die sich in solch mikroskopisch kleinen Gebilden abspielen und die sich nicht summieren, weil sie ihre Richtung fortwährend wechseln, werden keine erkennbaren Zeichen nach außen abgeben. Aber Ursache anzunehmen, daß in den Leberzellen elektrische Ströme auftreten können, haben wir nach Kenntnis der vorigen Kapitel wohl. Wir sahen ja da, wie die Osmose elektrische Potentialdifferenzen hervorzurufen imstande ist, und an Gelegenheiten, an Notwendigkeiten der Osmose mangelt es in der Leber nicht. Warum aber Wechselströme? Ja die Richtung der Osmose ist von den Konzentrationsdifferenzen abhängig und diese Konzentrationsdifferenz wird sich mit den chemischen Umsetzungen, die dem

Leben zugrunde liegen, fortwährend ändern. Der Strom von Stoffen, den die Flüssigkeit in die Leberzellen hineinbringt aus dem Blute, und den sie wieder herausnimmt zum Blute, muß ein unaufhörlicher sein. Bedenkt man, wie die fermentativen Umsetzungen, die wir kennen, bald unter Aufnahme, bald unter Ausscheidung von Wasser vor sich geht, wie es sich bei ihnen immer um osmotische Bedingungen handelt, so ist es schwer, das Licht, welches dieses Experiment uns über das Zustandekommen der Ausscheidung von Wasser unter dem Einfluß der Wechselströme gewährt, zu überschätzen.

Hat so die Einwirkung der Wechselströme uns eine gewisse Aufklärung gegeben über die Bildung physiologisch-chemisch wichtiger Stoffe, so ist anderseits auch ihre Wirkung auf die morphologischen Vorgänge studiert worden. Kodis[1]) hat solche Ströme wirken lassen auf Froschlarven und die Bilder untersucht, welche das Epithel ihres Schwanzes nach längerer Einwirkung derselben auf die leitend gemachte Flüssigkeit, in der die Kaulquappen schwammen, darbot. Das Auffallendste bei diesen Bildern war nun der Zerfall von Epithelzellen in zwei Zellen, von denen die eine sich allmählich wieder zu einer Epithelzelle ausbildete, während die andere zur Wanderzelle ward, die in das unter dem Epithel gelegene Bindegewebe hineinwanderte. Perigene und endogene Zelle nannte Kodis die beiden, nach der Art wie die eine die andere umfaßt bei der Entstehung. Es ergibt sich aus diesen Experimenten, daß die Wechselströme die Ursache dieses Zerfalls einer Zelle in zwei sind. Handelt es sich hier um einen ähnlichen Vorgang, wie um den bei der Bildung des Harnstoffs beschriebenen? Wird hier auch Wasser ausgeschieden und dabei ein Molekül gespalten oder wird ein neues Molekül gebildet? Welches ist die Ursache des Zerfalls der Zelle? Freilich werden wir darüber zunächst nicht so leicht Auskunft erhalten, aber wir müssen gegenüberstellen die Wirkungen, die ein physikalischer Vorgang hat einerseits auf chemischem Gebiet, anderseits auf morphologischem.

---

[1]) Kodis, Th., Epithel u. Wanderzelle in d. Haut des Froschlarvenschwanzes. Arch. f. A. u. Ph. Phys. Ab. 1889 Supp.

8. Fett.

Schon lange habe ich die Aufmerksamkeit auf das in den lebenden Organismen vorkommende Fett gerichtet, und es ist doch so enttäuschend wenig, was ich darüber sagen kann. Wasser ist eben das allgemein übliche Lösungsmittel, und so beziehen sich fast alle Untersuchungen der Chemie und der physikalischen Chemie auf wässerige Lösungen und das Verhalten der Stoffe zum Wasser. Über Fette fehlt es uns an Tatsachen und Material.

Wir treffen übrigens das Fett in den lebenden Wesen in zweierlei verschiedener Form und Bedeutung an. Zunächst einmal in festem Zustand als Bestandteil der Plasmahaut. Noch haben wir uns mit der Natur der Plasmahäute nicht auseinandergesetzt. Wir haben nur angenommen, daß dieselben die Eigenschaft der Semipermeabilität besitzen. Aber diese Semipermeabilität bezieht sich nur auf ein bestimmtes Lösungsmittel. Wir haben bis jetzt als dieses Lösungsmittel immer das Wasser angesehen. Jetzt erweitert sich unsere Erfahrung dahin, daß das nicht immer der Fall ist. Es gibt auch Membranen, die für in Fett lösliche Stoffe semipermeabel sind, und diese Membranen müssen selbst aus Fett oder ähnlichen Stoffen bestehen. Overton[1]) hat nämlich gezeigt, daß die Eigenschaft der Semipermeabilität für lipoidlösliche Stoffe von dem Fettgehalt der Plasmahaut oder wie er sagt, von ihrem lipoiden Charakter abhänge. Stoffe nämlich, welche sich in Fett lösen, oder in welchen sich Fett löst, gehen durch eine solche Membran hindurch. Das Fett erlaubt ihnen, die Haut zu durchdringen, in die Zellen hineinzugelangen, während es für nicht in Fett lösliche Stoffe die Haut undurchlässig macht. Schon vor einer Reihe von Jahren habe ich darauf hingewiesen, wie das Fett für die Lebewesen die Bedingung der Individualisierung, der Sonderung von ihrer Umgebung darbiete.[2]) Wir könnten uns z. B. nicht denken, sagte ich, wie ein Tier, das im Meere lebte, die für sein Leben notwendigen Stoffe bewahren könne, wenn nicht eine Wand vorhanden wäre, welche verhinderte, daß das Meerwasser in beliebiger Menge ein-

[1]) Overton, E., Über die osmot. Eigenschaften der lebenden Pflanzen- u. Tierzellen. Viertelj. Schr. d. Naturf.-Ges. Zürich 1895.

[2]) Gaule, J., Die Stellung des Forschers gegenüber dem Problem d. Lebens. Leipzig 1887.

dränge, um diese Stoffe zu lösen, oder wenn auf dem entgegengesetzten Wege die Stoffe in beliebiger Weise hinausgelangen und in dem Meerwasser sich verbreiten könnten. Overton[1]) hat dann die Gesetze des osmotischen Drucks auf dieses Verhalten angewendet, er hat die Existenz einer solchen Membran gezeigt und ihre Bedeutung für das Leben und die Ernährung der Zelle klar gemacht. Eine besondere Beziehung erlangte aber der Fettgehalt einer solchen Membran durch die Narkose. Wesentlich fettlösende oder in Fett sich lösende Stoffe sind es, welche narkotisieren. Diese erlangen eben den Zutritt zu den Ganglienzellen, welche in dem an Fetten und lipoiden Stoffen reichsten Gewebe des Körpers, dem Nervengewebe liegen, dadurch, daß sie die Plasmahaut dieser Zellen zu durchdringen vermögen. Zu den Ganglienzellen hin aber gelangen sie auf dem Wege durch das Blut, in einer wässerigen Lösung. Sie haben eben die doppelte Fähigkeit, sich sowohl in Wasser, wie in lipoiden Stoffen zu lösen. Das Verhältnis der Löslichkeit in den beiden Lösungsmitteln bezeichnet man nun als Teilungskoeffizienten.[2]) Je größer der Teilungskoeffizient ist, d. h. je mehr sich im Verhältnis im Wasser gegenüber den Fetten löst, desto mehr wird von dem narkotischen Mittel im Blute bleiben, je kleiner es ist, desto mehr wird die Zellhaut durchdrungen. Wo der Teilungskoeffizient mit der Temperatur schwankt, sehen wir auf die Narkose eine entsprechende Schwankung mit der Temperatur ausführen.

Experimente an Blutkörperchen lehren uns nun, wie auch hier der Ein- und Austritt von Stoffen von dieser Permeabilität der Membran abhängt. Es ist deshalb, wie ich schon bei der Osmose auseinandersetzte, wahrscheinlich, daß die Verteilung im Organismus auf die einzelnen Zellen desselben wesentlich bedingt wird durch diese Eigenschaft der Plasmahaut. In ihr ist nun das Fett zwar nicht der einzige aber doch ein wichtiger Faktor. Das Fett treffen wir indessen nicht bloß in den Plasmahäuten, wir treffen es auch im Innern von Zellen, namentlich der Fettzellen. Da findet es sich in rundlichen Formen, nicht in Nadeln kristallisiert, wie es in festem Zustand tut. Wir schließen daraus, daß es sich in flüssigem Zustand befindet,worauf auch sein Hervorquellen in Tropfen

---

[1]) Overton, E., Studien über die Narkose. Jena 1901.

[2]) Meyer, Hans, Arch. f. exp. Path. u. Pharm. XLIV.

unter Druck, die eigentümliche Mischung von Estern der Stearinsäure, Palmitinsäure und Ölsäure, welche den Schmelzpunkt bedingen, hindeuten. Es kann nun keinem Zweifel unterliegen, daß wir es hier mit einer Art Vorrat von Fett zu tun haben, und zwar einem Vorrat, der einem fortwährenden Wechsel unterworfen ist, wie uns die Erfahrung lehrt. Was bedeutet nun dieser Vorrat? Werden aus ihm die Zellmembranen mit ihrem Fettgehalt bestritten? Wahrscheinlich, aber wieder lehrt uns die Erfahrung, daß es hierbei sein Bewenden nicht haben kann. Wenn wir ein Tier mästen, so wird sein Fettvorrat weit größer, nicht aber der Fettgehalt seiner Zellmembranen. Es muß deshalb dieser Fettvorrat noch eine andere Bedeutung haben. Es ist auch ein Kraftvorrat, wird man ohne weiteres sagen. Das Fett ist ja diejenige Substanz der lebendigen Organismen, in der die größte Kalorienmenge, d. h. die größte Fähigkeit, Wärme zu bilden oder mechanische Arbeit zu leisten, aufgespeichert ist. Das hängt damit zusammen, daß es die reduzierteste Substanz des Organismus, d. h. diejenige Substanz, in welcher der Kohlenstoff am meisten mit Wasserstoff und nicht mit Sauerstoff verbunden ist. Die Reduktion und damit die Aufspeicherung von Kräften erfolgt aber bei den lebenden Wesen durch eine Umwandlung der Kräfte des Lichtes in Spannkräfte der Materie. Wir werden daran erinnert, daß der Beginn dieser Reduktion erfolgt durch den Farbstoff Chlorophyll, welcher aus Kohlensäure und Wasser Kohlenhydrate bildet. Und ich wurde weiter daran erinnert, als ich den Fettkörper der Frösche wachsen sah, gleichfalls unter dem Einfluß des Lichtes, während er im Dunkeln abnahm.[1]) Unter dem Einfluß des Lichtes aber wird auch bei den Tieren der Farbstoff Hämoglobin gebildet. Soweit die komplizierten Bedingungen des tierischen Organismus es gestatten, gehen die beiden wohl Hand in Hand, Hämoglobinbildung und Fettbildung, wie bei den Pflanzen Kohlenhydrat und Chlorophyllbildung. Woher aber werden die Fette gebildet? In jenem Falle, wo ich den Fettkörper wachsen sah, fraßen die Frösche nichts. Es mußte also das Fett aus den übrigen Bestandteilen ihres Körpers gebildet worden sein. Und diese übrigen Bestandteile sind eiweißhaltig. Man kann hier vielleicht den Einwand erheben, daß trotz der

[1]) Gaule, J., Über den Einfluß der Nacht. Phys. Zentralbl. XIV, 2, 1900.

verräterischen Differenz des Brechungsindex der Fettgehalt in manchen Organen sich der Beobachtung entziehen könne. In jenem anderen Fall dagegen, wo wir den mageren, d. h. fettarmen Käse unter dem Einfluß der in ihm lebenden Mikroorganismen „reifen", d. h. fettreich werden sehen, ist das nicht möglich. Wir können nicht im Zweifel darüber sein, daß es zu den Geschehnissen des Lebens gehört, aus Eiweißkörpern Fett zu bilden. Und dieses Fett wird aufgespeichert in flüssigem Aggregatzustand als Kraftvorrat. Schon öfter aber habe ich es ausgesprochen, daß bei den lebenden Wesen keine Kraftleistung stattfindet ohne Formveränderung. Wenn die beiden so innig miteinander verknüpft sind, welche Beziehung hat denn das Fett zu den Formen? Eine doppelte und doch wieder einfache. Doppelt ist diese Beziehung für unsere Betrachtung. Jede Form beruht ja auf einer Verbindung der Moleküle untereinander. Wir lernen diese Verbindung zunächst als eine ganz feste, starre kennen in dem Kristall. In dem Kapitel über Stereochemie haben wir gelernt, wie die Art dieser Verbindung bedingt wird durch die Verbindung der Atome im Molekül, wie sie eine Art Widerspiegelung der chemischen Konstitution ist. Sodann haben wir Bekanntschaft gemacht mit der viel loseren Verbindung der Moleküle zu Gruppen in dem Kolloid. Für sie ist nicht mehr maßgebend die Beziehung der Atome zueinander innerhalb des Moleküls allein, sondern auch die Beziehung zum Lösungsmittel, zur Flüssigkeit. Endlich haben wir nun in dem Fett die Flüssigkeit selbst mit ihrer leichten Verschiebbarkeit der Teile gegeneinander. Und doch ist diese Verschiebbarkeit nicht so groß, daß die Teile dem lebenden Wesen ganz entwischen könnten, denn weil das Fett mit dem Wasser nicht mischbar ist, muß es in dem lebenden Wesen bleiben. Dem Wechsel aber zwischen den drei Zuständen, ein Wechsel, der sich gleichzeitig chemisch an den Atomen wie formell an den Molekülen vollzieht, verdankt das lebende Wesen seine innere Beweglichkeit und Veränderlichkeit.

---

9. Der Oberflächendruck und seine Bedeutung im Organismus.

Unter diesem Titel veröffentlicht J. Traube[1]) in dem Moment, als ich dieses Manuskript schon abgeschlossen hatte, eine Abhandlung, die für die Feststellung unserer Anschauungen alle Beachtung verdient. Man muß, so scheint es mir, unterscheiden zwischen den physikalischen Folgerungen, die Traube aus seinen Theorien und Experimenten zieht, und den physiologischen Folgerungen. Und in bezug auf die letzteren muß man sich wieder deutlich machen, daß, sobald man einmal auf die Vorstellung der Zellen so genau eingeht, wie es Traube will, man auch die Mannigfaltigkeit der Organisation derselben beachten muß. Es kann nicht alles über einen Kamm geschoren werden. Traube geht zunächst davon aus, „daß die Differenz der Oberflächenspannungen oder der Oberflächendruck eine Kraft darstellt, welche als treibende Kraft der Osmose an die Stelle des nicht mit dem Oberflächendruck identischen osmotischen Druckes zu setzen ist". Dieses Ergebnis hat Traube in einer vorausgegangenen Arbeit „Zur Theorie der Osmose und Narkose"[2]) gewonnen, die sich hauptsächlich gegen Overton richtet, übrigens unter voller Anerkennung von dessen Verdienst.

Sehen wir uns nun einmal an, worauf die Differenz eigentlich hinausläuft. Was ist die Oberflächenspannung, was der Oberflächendruck nach Traube. In der vorausgehenden Arbeit, eben jener vorher erwähnten, veranschaulicht er das, indem er eine Membran zeichnet, welche zwei Flüssigkeiten A und B mit verschiedener Oberflächenspannung und dementsprechend verschiedenem Binnendrucke voneinander trennt. Ist Oberflächenspannung und Binnendruck A größer als von B, so wird nur B imstande sein, die Membran zu durchdringen.

Denken wir uns hier den einfachsten Fall gegeben, daß A und B Lösungen seien, welche dasselbe Lösungsmittel aber verschiedene gelöste Stoffe enthielten. Nach der Theorie van t'Hoffs müssen die Moleküle der gelösten Stoffe Schwingungen ausführen, und

[1]) Traube, J., Der Oberflächendruck und seine Bedeutung im Organismus. Pfl. A. 105, 559.

[2]) Traube, J., Zur Theorie der Osmose u. Narkose. Pfl. A. 105, 541.

die Summe ihrer Stöße auf die Oberfläche stellt den osmotischen Druck dar. Nehmen wir nicht diesen, sondern den Binnendruck, so haben wir eine zweite Komponente in Rechnung zu ziehen, nämlich die Anziehung, welche die Moleküle des Lösungsmittels aufeinander ausüben und die Resultierende aus dieser Anziehung und den Bewegungen der gelösten Moleküle wäre der Binnendruck. Vergleichen wir die beiden Flüssigkeiten A und B. Die eine Komponente, die Anziehung der Flüssigkeitsmoleküle wird in beiden gleich groß sein, denn das Lösungsmittel ist ja in A und B dasselbe. Die zweite Komponente aber, die Stöße der gelösten Moleküle sind verschieden. Wo sie größer wird, wird der Binnendruck und dementsprechend die Oberflächenspannung kleiner, denn diese ist ja die Resultierende. Wo aber diese Resultierende geringer ist, durchdringt die Flüssigkeit die Membran, sagt Traube. Wo die Stöße der gelösten Moleküle, d. h. der osmotische Druck größer ist, durchdringen dieselben die Membran, sagt van t'Hoff. Das kommt auf dasselbe hinaus. Bis auf eins, wird vielleicht Traube entgegnen. Es durchdringt nicht bloß das Gelöste, sondern auch das Lösungsmittel die Membran. Und auf die innere Beziehung, die zwischen dem Gelösten und dem Lösungsmittel existieren muß, darauf macht seine Theorie aufmerksam, aber sie setzt noch keine anschauliche Vorstellung an diese Stelle. Gehen wir an seiner Hand nun einen Schritt weiter und betrachten den Gegensatz, in den er seine Theorie der Narkose zu der Overtons stellt. In der Blutflüssigkeit sind die narkotischen Mittel gelöst und sollen in die Zellen hinüber. Zwischen beiden befindet sich die trennende Membran, durch die sie hindurch müssen. Diese Membran ist fettiger Natur, sagt Overton, und hindurch können die narkotischen Mittel nur, insofern sie sich in Fett lösen. Sie sind in dem Maße narkotisch, als der sogenannte Teilungskoeffizient ihre Löslichkeit in Fett neben der in Wasser angibt. Nein, sagt Traube, die Membran zwischen den Zellen und dem Blut ist nicht einem anderen Lösungsmittel zu vergleichen, sondern einem System von Kapillaren, durch die das Lösungsmittel hindurchsteigen muß. Die Steigkraft des Wassers in solchen Kapillaren aber wird durch bestimmte Stoffe, die gelöst werden, erniedrigt, und genau in dem Verhältnis, in dem gewisse homologe Stoffe diese Erniedrigung bewirken, sind sie narkotisch. Das kommt auf das Gleiche hinaus, kann Overton er-

widern, in demselben Grade als sie in Fett löslich sind, erniedrigen auch gewisse Stoffe die Steigkraft des Wassers in den Kapillaren. Es existiert eine gewisse Beziehung zwischen beiden. Beide Vorgänge müssen für die Erklärung der Änderungen in den lebenden Wesen nützlich sein. Daß eine Zelle eine Membran hat, die aus Lipoiden gebildet ist, beruht noch auf anderen Belegen, als bloß der Narkose. Und ebenso muß man betonen, daß die Steigkraft in den Kapillaren im physikalischen Sinne, die Auffassung von trennenden Membranen als eines Systemes von Kapillaren, das Durchdringen der Membranen auf Grund der Steigkraft, wohl seine Berechtigung hat. Man kommt aber damit allein nicht aus. Am besten zeigt dies das Beispiel, welches Traube[1]) am Schluß seiner Abhandlung gibt. Das Tetanustoxin steigt auf den fettreichen Nervenbahnen zum Gehirn, während das Antitoxin die Blutbahn bevorzugt. Das Toxin findet sich in der lipoidreichen Galle und Milch, aber nicht im Urin, während das Antitoxin sich umgekehrt verhält. Diese Tatsachen machen es nun fast zur Gewißheit, sagt er, daß das Tetanustoxin ein stark kapillaraktiver und damit gut diosmierender und lipoidlöslicher Stoff ist, während das Antitoxin kapillarinaktiv und damit schlecht diosmierend und in Lipoiden nicht löslich ist. Wie aber kommt es, daß das eine die Wirkungen des anderen aufhebt, füge ich hinzu. Dazu müssen sie doch auf dem Boden, von dem die Krämpfe des Tetanus ausgehen, zusammenkommen, also in der Ganglienzelle. Man sieht, daß das Leben noch andere Veränderungen in den Gebilden hervorbringen muß, daß mit *einer* Kraft allein sich die Reaktionen desselben nicht erklären lassen.

10. Wozu haben lebende Wesen einen Körper?

Im Grund war dieser Abschnitt dazu angetan, uns immer wieder auf diese Frage zu führen und sie teilweise auch zu lösen. Wir hatten vor uns zunächst die Schwingungen der ganzen Moleküle und den Vorgang der Osmose, dann betrachteten wir den Zerfall

[1]) Traube, l. c.

der Moleküle in Ionen und die sich daran anknüpfenden elektrischen Erscheinungen bis zur Suspension der Molekülgruppen, der Kolloide und ihrer Ausfällung. Damit war die erste Formbildung gegeben, die der Plasmahaut. Gleich knüpfte sich daran das erste Zeichen der Kraftäußerung, das wir dieser Formbildung zuschrieben in Gestalt des elektrischen Ruhestroms. Wir haben hier eine Reihe von Kraftquellen, die in Parallele stehen zu denen, die wir im nächsten Abschnitt behandeln wollen, der Sättigung der chemischen Verwandtschaften. Läßt sich irgendeine Beziehung in den lebenden Wesen zwischen diesen beiden finden? Gehen wir zunächst an die physikalisch-chemischen Erscheinungen heran. Schon haben wir gelernt, daß sie den Ruhestrom erzeugen, daß dieser in naher Verwandtschaft steht zum Aktionsstrom. Wir haben auch eingesehen, wie der Reiz die Veränderung in der Plasmahaut hervorruft, die den Ruhestrom bedingt. Höber[1]) hat seine Versuche in Parallele gestellt zu denen Overtons[2]) über den Einfluß der Salze auf die Erregbarkeit des Muskels. Es ist wahrscheinlich dieselbe Veränderung der Plasmahaut, welche den Ruhestrom wie die Erregung bedingt. Sie bereitet die Kontraktion vor, die wahrscheinlich, wie Engelmann[3]) aussagt, unter dem Einfluß veränderter Osmose durch Quellung geschieht. Der Reiz aber löst diese Veränderung aus. Der Reiz ist die Wirkung der äußeren Kraft auf den Organismus. Unter dem Einfluß der Kräfte der Umgebung kommen diese inneren Veränderungen, die Formveränderungen, wie wir jetzt wohl sagen dürfen, zustande. Da kommt uns das Kapitel über die Perioden des Stoffwechsels wieder in den Sinn. Unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte bilden sich die Formen, welche die Ursachen der in der nächsten Periode sich entwickelnden Kräfte werden, haben wir dort gesehen. Das ist im Grunde dasselbe, was uns dieser Abschnitt auch lehrt, nur sehen wir das Wie schon etwas deutlicher. Die Kette von der äußeren Körperoberfläche, wo die Kraft wirkt

---

[1]) **Höber, Über den Einfluß der Salze auf den Ruhestrom des Froschmuskels. Pfl. A. 106, 1905.**

[2]) **Overton, Beiträge zur allgemeinen Muskel- und Nervenphysiologie. Pfl. A. 92, 1902.**

[3]) **Engelmann, Th. W., Mikroskop. Untersuchungen üb. d. quergestr. Muskelsubstanz. Pfl. A. 7, 1873.**

durch den Nerven zum Muskel, die Veränderung der Plasmahaut derselben, der Osmose in Folge davon, der Formveränderung, die sich daran anschließt, wird uns deutlich. Wir sehen, daß wir Formen, d. h. einen Körper brauchen, um den Kräften, die in der Welt wirken, Widerstand zu leisten, um einen Platz in der Welt zu behaupten. Aber inwiefern, fragen wir dann weiter, ist diese Formbildung notwendig, um den Zyklus des Lebens zu vollenden? Konnten die chemischen Änderungen, die derselbe bedingt, sich nicht viel besser in der Lösung vollziehen? Da erinnern wir uns daran, daß wir jetzt sahen, daß diese Formen nicht unveränderlich sind. Nicht bloß die äußeren Kräfte haben Einfluß darauf sondern auch der Stoffwechsel. Höber[1]) zeigte, wie die CO_2 das Endprodukt desselben, die Permeabilität der Plasmahaut der Blutkörperchen ändert und damit wohl in den Blutkörperchen einen ähnlichen Prozeß hervorruft, wie wir ihn oben an der Muskelfibrille sahen. Overton[2]) hebt hervor, wie die Plasmahaut der Zelle undurchlässig sei für die Kohlenhydrate, die man doch als Ernährer der Zelle ansehen müsse und die man auch in der Zelle findet. Die Plasmahaut kann also nicht immer in dem Zustand gewesen sein, den er untersuchte, sie muß sich geändert haben. Und von diesen Veränderungen bin ich ausgegangen. Jener Zyklus, den ich dem Typus des tierischen Lebens zugrunde legte, geht von den Kohlenhydraten zum Fett und wieder zurück durch die Eiweißkörper hindurch. Alle diese Veränderungen der Plasmahaut und ihres Inhalts müssen in demselben inbegriffen sein. In dem Kapitel über Fett habe ich mich bemüht, darauf aufmerksam zu machen, welchen Einfluß es haben muß, wenn anstatt des Wassers Fett als Lösungsmittel auftritt. Welche Bedeutung hat es nun, daß diese Formen mit den physikalisch-chemischen Kräften, wie wir sie in diesem Abschnitt kennen lernten, eingeschaltet sind in den chemischen Zyklus? Ja da spielen aber die kosmischen Kräfte der Welt ihre Rolle. Auseinanderfliehen würden die chemischen Atome, wenn sie bloß dem Einfluß der chemischen Kräfte unterworfen wären. Inmitten

---

[1]) Höber, R., Über den Einfluß der Salze auf den Ruhestrom des Froschmuskels. Pfl. A. 106, 1905.

[2]) Overton, E., Beiträge zur allgem. Muskel- u. Nervenphysiologie. Pfl. A. 92, 1902.

des Zyklus bilden sich die Formen aus unter den Einflüssen, die wir kennen lernten, sie begegnen den äußeren Kräften, sie werden von diesen beeinflußt, und sie zerfallen wieder, nachdem die Bahn der Atome eine Ablenkung durch diese Kräfte erlitten hat. Das Beispiel des Muskels, wie wir es später noch besprechen werden, ist uns für diese Ablenkung besonders anschaulich. Unablässig aber geht das Spiel der inneren Veränderungen, der Aufnahme in die Formen und die Wiederzerstörung derselben weiter, denn alles, was dem Zyklus unterliegt, muß ja durch die Formen passieren.

II. Abschnitt.

Physiologisch-chemische Analyse.

I. Der Stoffwechsel und seine Aufgaben.

Schon in der allgemeinen Analyse habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie wir in allen lebenden Wesen die gleichen Stoffe antreffen, wie das Leben als ein gleichartiger chemischer Prozeß erscheint, wo immer er sich auch vollzieht. Die physiologisch-chemische Betrachtung vergrößert diese Analogie noch. Ob wir das Protoplasma von Aethalium septicum, dem Pilz der Gerberlohe, oder das Protoplasma der Zellen der höheren Tiere untersuchen, immer treffen wir dieselben Stoffe. Aber nicht nur diese Grundstoffe, die eigentlich aktiven Elemente des Lebens, sind dieselben, die neuere Untersuchung ergibt uns eine große chemische Analogie zwischen denjenigen Substanzen, die Nebenzwecken dienen, so groß auch die Differenz sein mag, die sich bei der Erfüllung dieser Nebenzwecke zeigt. Schon früher habe ich erwähnt, wie der Farbstoff der Pflanzen, das Chlorophyll, und der der Wirbeltiere, das Hämoglobin, nahe Verwandte sind. Wo man auch weiter die Farbstoffe der Tierwelt, z. B. bei den Schmetterlingen[1]) untersucht, immer entdeckt man, daß in ihnen derselbe chemische Kern, das Pyrrol steckt. Drechsel[2]) hat die sämtlichen Hüll- und Gerüstsubstanzen der Tierwelt, also diejenigen Stoffe, welche die Tiere hervorbringen, um ihren Körper gegen die Außenwelt einzuhüllen,

[1]) Linden, Gräf. v., Morph. u. phys. chem. Unters. u. Pigmente d. Lepidopteren. Pfl. Arch. 98.

[2]) Drechsel, Chemie d. Absonderungen u. Gewebe. Hermanns Handbuch d. Phys. V.

sowie diejenigen, welche teils den ganzen Körper stützen als Interzellularsubstanzen, oder welche als Gerüst für die Bestandteile der Zellen dienen, in 4 Gruppen eingeteilt. Diese Einteilung geschah nach rein chemischen Gesichtspunkten. Es umfaßt die I. Gruppe stickstoffreie Kohlenhydrate, welche bei der Spaltung Zucker geben, die II. Gruppe stickstoffhaltige Kohlenhydrate, welche bei der Spaltung reduzierende Substanzen (Zucker, Glykosamin) aber keine Amidosäuren geben. Die III. Gruppe besteht aus Stoffen, welche bei der Spaltung keine reduzierenden Substanzen, wohl aber Amidosäuren aus den Reihen der Ameisensäure und der Malonsäure geben. Die IV. Gruppe enthält Stoffe, welche bei der Spaltung keine reduzierenden Substanzen aber außer den Amidofettsäuren auch Tyrosin liefern.

Die Betrachtung, daß wir in der ersten Gruppe das Tunicin, den Stoff des Mantels der Tunicaten treffen, das mit der Wandung der Pflanzenzelle, der Zellulose, der Grundlage des Holzes, der Leinwand, der Baumwolle identisch ist, daß wir in der zweiten Gruppe das Glykosamin haben, welches sowohl bei der Spaltung des Chitins der Käfer, wie aus der Chondroitinschwefelsäure im hyalinen Knorpel der Wirbeltiere abgespalten wird — diese Betrachtung führt uns in der gleichen Richtung weiter. Und daran reiht sich ganz natürlich, daß wir so verwandte Stoffe, wie die Amidohydracrylsäure in der Seide und die Amidopropionsäure in der Wolle finden, und daß beide zu den Amidofettsäuren der Eiweißkörper und des Leimes in naher Beziehung stehen. Weiter habe ich schon darauf aufmerksam gemacht, wie bei den fettähnlichen Körpern, dem Triolein der Pflanzenfette, Tristearin und Tripalmitin bei den Tieren, gemischt mit Triolein, gegenüberstehen, wie sich das Phytosterin der Pflanzen zu dem Cholesterin der Tiere verhält. Betrachtet man die Lecithine, so findet man, daß die in ihnen enthaltene Base Cholin ihre nächsten Verwandten in dem Muscarin des Fliegenpilzes und in dem Betain der Zuckerrübe hat. Dann scheint auch der Übergang nicht weit zu den Tetra- und Pentamethylaminen, die die Fäulnisbakterien produzieren, den gefürchteten Ptomainen. Von diesen aber wieder scheint es einen Übergang zu geben zu den Eiweißkörpern, seit man die Piperazinstruktur des zugrunde liegenden wasserfreien Ringes erkannt hat. In den Eiweißkörpern selbst aber finden sich bei Tieren wie Pflanzen die gleichen Spaltlinge,

Arginine, Lysine, Histidine, Leucine, Tyrosine hier wie dort; die komplizierteren Kerne der Protamine aus den Spermatozoen und das Glutokyrin aus dem Leim sind ganz ähnlich. Ebenso spalten sowohl das Keratin wie die übrigen Eiweißkörper den Schwefel in dem Cystin ab. Die Nukleine zeigen überall mit der Phosphorsäure verbundene Purinbasen, ob wir sie aus den Spermatozoen oder aus den Kernen, aus Tier- oder Pflanzenzellen oder aus Pilzen gewinnen. So deutet alles darauf hin — wie es nur ein Leben gibt, so gibt es nur einen Stoffwechsel. Wie die Stoffe, so werden auch die chemischen Prozesse, welche sie hervorbringen, überall die gleichen sein. Und das wird uns bestätigt dadurch, daß die Hilfsmittel für die Prozesse überall die gleichen zu sein scheinen. Von der Gärung ging unsere Kenntnis aus, daher nannten wir diese Hilfsmittel Fermente. Zuerst sah man das Leben der Wesen, welche die Gärung veranlassen, als das wirkende Element an und sprach von den geformten Fermenten. Später erkannte man, wie man aus der Hefe auch das Ferment extrahieren konnte und reihte es so den Verdauungsfermenten an, deren Bekanntschaft man unterdessen gemacht hatte. Im Anschluß an die letzteren verfolgte man dann die Diastase durch den ganzen Körper. Man entdeckte, daß auch die Pflanzen, wenn sie Eiweiß verdauen, sich ähnlicher Fermente bedienen wie die Tiere. Daß auch die Oxydation auf einem Ferment, der Oxydase, beruhe, war eine der nächsten Entdeckungen, und seitdem haben wir mit der Laccase, der Katalase, der Guanase, der Adenase Bekanntschaft gemacht, bis wir zu der Meinung gekommen sind, daß jede chemische Umsetzung, in welchem lebenden Wesen sie sich auch vollziehe, auf einem Ferment beruhe.

Aus der Fülle dieser Einzelumsetzungen setzt sich nun der Gesamtstoffwechsel zusammen. Wie kann man ein Bild davon bekommen, welchen Charakter er eigentlich habe, oder was seine Aufgabe sei? Durch ein Ordnen der Substanzen, nach dem Verhältnis der Ein- und Ausfuhr. Auf der einen Seite hat man die allgemeinen Endprodukte Kohlensäure und Wasser, auf der anderen diejenigen, welche die Affinität des Kohlenstoffs und Wasserstoffs am wenigsten durch Sauerstoff gesättigt haben, welche also am meisten Kräfte in sich aufspeicherten, Kalorien entwickeln können. Das sind die Fette. Zwischen diesen beiden Polen bewegt

sich der Stoffwechsel, und zwischen diese beiden Pole schieben sich alle übrigen Stoffe ein, die wir in den lebenden Wesen antreffen. Da immer wieder Fette aus Kohlensäure und Wasser entstehen und immer wieder Fette zu Kohlensäure und Wasser zersetzt werden, so muß der Prozeß ein doppelter, ein umkehrbarer, ein zyklischer sein. Was macht es nun möglich, daß auf der einen Seite die Aufspeicherung der Kräfte, auf der anderen die Entfesselung derselben, auf der einen die Oxydation, auf der anderen die Reduktion stattfindet. Wir sehen zunächst, daß sich nicht beides in demselben lebenden Wesen vollzieht, daß vielmehr die Gesamtheit in zwei Klassen zerfällt, die Tiere und die Pflanzen. Die eine wandelt die Kräfte des Lichtes in Spannkräfte der Atome um, die andere entfesselt dieselben. Die einen wachsen, die anderen bewegen sich. Die Tiere beginnen diesen Zyklus mit den Kohlenhydraten und steigen bis zu den Fetten auf, dann gehen sie von den Fetten wieder herunter bis zur Ausscheidung von Kohlensäure und Wasser. Eben diesem Überschuß in der Zersetzung über die Bildung, der Oxydation über die Reduktion verdanken sie die Kraftquelle, die ihren Bewegungen zugrunde liegt. Man hat leugnen wollen, daß die Tiere überhaupt Fett bilden. Aber dieses Leugnen bezieht sich nur auf die eigentlichen Fette, es bezieht sich nicht und kann sich nicht beziehen auf die Lipoide Cholesterin und Lecithin, und bei diesen ist die Reduktion nicht geringer. Wenn nun die Eigentümlichkeit der Tiere die Bewegung ist, warum zersetzen dieselben nicht einfach die von den Pflanzen gebildeten Kohlenhydrate und gewinnen die bei ihrer Oxydation freiwerdenden Kalorien, so wie wir das in einer Maschine tun? Daß sie, um oxydieren zu können auch reduzieren müssen, das ist ein erstes Anzeichen dafür, daß dieser Stoffwechsel des Lebens einen besonderen Verlauf haben müsse. Welchen? In die Verbindungen, die sich zwischen Fette und Kohlenhydrate einschieben, tritt der Stickstoff, sowie Schwefel und Phosphor. Es entstehen die Eiweißkörper und Nukleine. Ihre Natur muß etwas beitragen zur Erkennung dieses Stoffwechsels. Warum muß der Stickstoff sich einmischen, wo es diese Oxydation und Reduktion gilt? Noch wissen wir nicht, ob diese Körper bloß in dem einen oder dem anderen Schenkel des Zyklus auftreten oder in beiden. Aber was wir gleich einsehen ist, daß das Wachsen und Vergehen des Organismus, der zum größten Teil aus diesen

Eiweißkörpern besteht, nicht ohne Beziehung zu diesem Stoffwechsel sein kann. Wo das Leben ein einfaches ist, da werden diese Stoffe, wenn das Material für sie in genügender Menge vorhanden ist, den Organismus vergrößern, sie werden in ihm abgelagert oder sie dienen zu seinem Aufbau. Tritt dagegen ein Mangel ein, so wird der Organismus in Anspruch genommen, um das Defizit zu decken und magert demgemäß ab. Wo das Leben komplizierter ist, wie beim Menschen, lehrt die Erfahrung, daß täglich eine Menge Eiweiß zugeführt werden muß, soll nicht der Körper die Folgen des Hungers tragen. Die Eiweißkörper gehören also zum Stoffwechsel, ohne daß sie dazwischentreten, kann eine Gewinnung von Kräften nicht stattfinden; so lehrt uns der Hunger. Und anderseits zeigt die Erscheinung des Wachstums, daß auch ihre Bildung zu den bei dem Stoffwechsel notwendigen Vorgängen gehört. Eine nicht weniger wichtige Rolle als die Eiweißkörper spielen gewisse Salze. Das Leben bildet sie nicht, es zerstört sie nicht, aber sie müssen vorhanden sein, wenn der chemische Vorgang, der dem Leben zugrunde liegt, sich abspielen soll. Insofern sie bei dem Stoffwechsel verloren werden, gehört ihre Erneuerung zu den Aufgaben des Stoffwechsels. Und endlich handelt es sich bei demselben um die Bildung der Geschlechtsprodukte. Diese, die Geschlechtsprodukte sind es ja, welche die Bildung immer neuer Generationen lebender Wesen veranlassen, und so unbedeutend sie ihrer Masse nach, wenigstens bei den höheren Lebewesen erscheinen, so werden wir doch allmählich lernen, welche wichtige Rolle sie spielen in diesem ganzen Zyklus von chemischen Prozessen, aus dem der Stoffwechsel besteht.

2. Merkmale.

Wie kann man nun etwas weiteres erfahren über die Natur des Prozesses, der dem Stoffwechsel zugrunde liegt? Da sind es zunächst zwei eigentümliche Merkmale, auf die wir achten müssen. Es sind vier organische Elemente, die in denselben eintreten, der C, der H, der O und der N. Nun zeigt es sich, daß im Verlaufe des Stoffwechsels C und H sich immer fester mit dem O verbinden, der N aber nicht. Er verbindet sich mit dem H, höchstens mit dem C, aber

nicht mit dem O. Die Verbindung des O mit H und C hat für das Leben die tiefgehendste Bedeutung; aus ihr entwickelt sich der bei weitem größte Teil der Kräfte, über die das Leben verfügt, so daß man früher das Leben einfach als einen Oxydationsprozeß auffaßte. Und doch oxydiert sich der N nicht. Der N aber ist für den Lebensprozeß besonders wichtig, denn nur bei Gegenwart stickstoffhaltiger Verbindungen vollzieht sich das Leben. Ja eben die Oxydation des C und des H, welche im Leben eintritt, scheint an die Gegenwart des N gebunden, denn für sich sind C und H in den Verbindungen, in denen sie in den lebenden Wesen vorkommen, bei den Temperaturen, die dort herrschen, unter den Spannungen, in denen der O dort vorkommt, gegen denselben völlig indifferent. Es muß also ein ganz andersartiger Prozeß sein als der einer Oxydation, der dem Leben zugrunde liegt. Darauf deutet noch mehr ein zweites Merkmal hin. Ein Mensch, der keine besondere Arbeit leistet, hat um seinen Körper zu erhalten, ein bestimmtes Kostmaß. Er verbraucht, wenn er etwa 70—80 Kilogramm wiegt, in 24 Stunden ca. 400 g Kohlenhydrate, ca. 50—90 g Fett, ca. 100 g Eiweiß. Kohlenhydrate und Fett können einander ersetzen, sie können auch ersetzt werden durch das Eiweiß nach dem Verhältnis der Isodynamie. Sie selbst aber können das Eiweiß nicht ersetzen, dieses muß in einer bestimmten Quantität genossen werden, sonst tritt Hunger ein. Das Eiweiß spielt also eine besondere Rolle. Weiter, wenn die Nahrungsaufnahme gesteigert wird, so begrenzt sich rasch die Zersetzung von Kohlenhydraten und Fetten. Sie werden aufgespeichert, der Körper wird gemästet. In Eiweißkörpern dagegen schreitet der Zerfall weiter, es kommt zu einer sogenannten Luxuskonsumtion, auch über das Maß der zur Erhaltung des Lebens notwendigen Kraftgewinnung hinaus. Und diese Konsumtion findet statt im Anschluß an die Mahlzeiten in einer gewissen Zeit, die mehr von der Verdauung und Resorption als von dem Kraftbedürfnis abhängig ist. So zeigt sich deutlich die Verschiedenheit in der Eiweißzersetzung von der der Kohlenhydrate und Fette, ja ihre Unabhängigkeit von den Bedürfnissen des Körpers. Woher nun stammt dieser Unterschied? Aus der Unentbehrlichkeit des Eiweißes für die Gesamtzersetzung ersehen wir, daß Kohlenhydrate und Fette für die Kraftgewinnung auf das Eiweiß angewiesen sind, aus der Luxuskonsumtion dagegen, daß das Ei-

weiß, auch ohne daß andere Bestandteile ihm folgen, sich zersetzen kann. Der nächstliegende Ausdruck hierfür ist, daß das Eiweiß eine aktive, Fette und Kohlenhydrate eine passive Rolle bei dem Zersetzungsprozeß spielen. Wie aber soll man sich das vorstellen? Sehen wir uns zunächst einmal die Produkte der Zersetzung des Eiweißes an. Alle stickstoffhaltigen Ausfuhrstoffe gehören hierzu, da nur in der Form des Eiweißes der Stickstoff eingeführt wird. Von der Beteiligung des atmosphärischen Stickstoffes ist man seit der Feststellung des Stickstoffgleichgewichtes als Grundlage aller Stoffwechselversuche abgekommen. Nun ist es zunächst wichtig, zu konstatieren; fast aller Stickstoff verläßt den Organismus im Harn, d. h. im Wasser gelöst, wenn derselbe wirklich den Stoffwechsel passiert hat. Im Harn aber treffen wir den Stickstoff in fünf verschiedenen Verbindungen: 1. im Harnstoff, 2. in der Harnsäure, 3. im Kreatinin, 4. in der Hippursäure, 5. in der Indol- und Skatolschwefelsäure. Harnstoff und Harnsäure können einander bis zu einem gewissen Punkte vertreten. Während bei den übrigen Klassen der Wirbeltiere der größte Teil des Stickstoffs, etwa 90°/₀ desselben in der Form von Harnstoff ausgeschieden wird, nimmt bei Vögeln und Reptilien die Harnsäure diese Stelle ein. Ja bei demselben Tier, bei demselben Individuum ist die Menge von Harnstoff und Harnsäure nicht konstant gegeneinander abgegrenzt. Bei gewissen Erkrankungen, der Gicht z. B., kommt es zu der schmerzlichen Erfahrung, daß die Menge der Harnsäure ansteigt, und als man die Entstehung der Gicht auf zu reichliche Fleischnahrung schob und an Stelle des tierischen Eiweißes pflanzliches Eiweiß dem Organismus zuführte, sank die Harnsäureausfuhr, bei gleichem N-gehalt der Nahrung.[1]) Für uns ist wichtig zu wissen, zweierlei kann den chemischen Prozeß, dem das Eiweiß unterliegt, beeinflussen, erstens der Zustand des Organismus, denn die Krankheit ist eine Veränderung dieses Zustandes, und zweitens die Natur des zu zerlegenden Stoffes. Nun knüpft sich an das Verhältnis des Harnstoffs zur Harnsäure eine interessante physiologische Betrachtung. Der Harnstoff ist nicht oder nur zum kleineren Teil im Eiweiß enthalten. Der größere Teil wird erst in der Leber gebildet, und

---

[1]) Müller, J., Über die Harnsäureausscheidung bei Genuß von vegetabilischem Eiweiß. Zentralbl. f. Phys. 14, 1901.

zwar durch den Zusammentritt von Kohlensäure und Ammoniak, Das bedeutet, daß der Stickstoff, der in den Eiweißkörpern enthalten war, auf seine einfachste reduzierte Form gebracht worden war, d. h. daß die Eiweißkörper, denen er angehörte, vollständig zerlegt worden war in einfache Substanzen. Die Harnsäure dagegen ist eine komplizierte Substanz. Sie steht in einer nahen Beziehung zu den Purinbasen, die aus den Nukleinen erhalten werden, wir können sie als Trioxypurin ansehen. Tatsächlich entsteht sie auch aus solchen Purinbasen, selbst wenn sie noch um eine Amidogruppe reicher sind an Stickstoff als die Harnsäure, wie das Guanin oder das Adenin unter der Einwirkung gewisser Fermente. Man hat daher die Harnsäure als das Endprodukt des Stoffwechsels des Nukleins, des Kerns angesehen wie den Harnstoff als den des Eiweißes des Protoplasmas. Ihre gegenseitige Verschiebung im Harn bei der Änderung der Zufuhr von Eiweiß in der Nahrung deutet darauf hin, daß beide aus Eiweiß entstehen, ihre chemische Natur erweckt zunächst die Meinung, daß es darauf ankommt, wo dieses Eiweiß zerlegt wird, im Protoplasma oder Kern. Es gibt verschiedene chemische Prozesse, je nach dem Ort. Indessen dabei kann man nicht endgültig stehen bleiben. Warum haben Vögel und Reptilien ausschließlich Harnsäure und keinen Harnstoff in ihrer Ausscheidung? Sie haben die gleichen Arten von Zellen, dasselbe Verhältnis von Protoplasma und Kern wie die übrigen Wirbeltiere. Und während die einen Arten von Vögel Pflanzen-, die anderen Insektenfresser sind, hat das auf die Ausscheidung keinen Einfluß. Ja bei Vögeln und bei Schlangen scheint die Leber dieselbe Rolle in bezug auf die Bildung der Harnsäure zu spielen wie bei Säugetieren und Fröschen in bezug auf den Harnstoff. Da drängt sich der Gedanke auf, die Purinkörper sind überhaupt eine Durchgangsstufe für die Zerlegung eines Teiles der Eiweißkörper, auf ihr kann die Zerlegung stehen bleiben oder sie kann weitergehen bis zum Harnstoff. Bei manchen Tieren geht sie weiter, aber nicht für allen Stickstoff, das sind solche, die Harnsäure neben dem Harnstoff ausscheiden.

Wovon mag es nun abhängen, daß dieses Weitergehen wechselt in seinem Verhältnis? Daß es hierbei auf den Ort der Zerlegung ankommt, lernen wir bei dem Kreatinin kennen. Die einfache chemische Beziehung, die zwischen ihm und dem Kreatin existiert (es

ist ein Anhydrid des letzteren) läßt uns keinen Zweifel, daß es von letzterem herstammt. Das Kreatin aber treffen wir nur in den Muskeln. Seine Grundlage ist das Guanidin, ein Imidoharnstoff. Warum ist derselbe nicht in einen gewöhnlichen Harnstoff umgewandelt? Offenbar sind die chemischen Bedingungen im Muskel andere als in der Leber oder anderen Organen. Die beiden letzten stickstoffhaltigen Produkte im Harn, Hippursäure und Indol- resp. Skatolschwefelsäure erinnern an die Beschränkung, die ich oben voranstellte, soweit der Stickstoff den Stoffwechsel wirklich durchmachte. In der Hippursäure erscheint der Stickstoff in dem Glykokoll, der Amidoessigsäure. Warum ist dieser Stickstoff nicht bis zur Harnstoffstufe verarbeitet? Die Antwort wird wohl durch die Erfahrung gegeben, daß die Menge der Hippursäure abhängig ist von der Menge der in der Nahrung eingeführten aromatischen Substanzen. Die Ausscheidung dieser bedingt die Ausscheidung des Glykokolls. Ebenso ist die Menge der Indol- und Skatolschwefelsäure abhängig von den Fäulnisprozessen im Darm. Je länger die Faeces daselbst verweilen, um so mehr steigt sie an. Es scheint auch hier, daß die Fäulnisbakterien einen aromatischen Kern aus der Nahrung herausschälen, welcher, um ausgeschieden zu werden, der Hinzufügung des stickstoffhaltigen Pyrrols bedarf. Das führt uns dann weiter zu zwei weiteren Verlusten an Stickstoff in Stoffen, die nicht eigentlich den Stoffwechsel durchmachen, den einen an der äußeren Körperoberfläche, dem Keratin in den Haaren, den Nägeln, den Epidermisschuppen, dem anderen an der inneren Körperoberfläche, dem Mucin, das im Schleim aus Mund- und Nasenhöhle, aus dem After, der Scheide, der Harnröhre entfernt wird.

Der Stoffwechsel, der das Eiweiß zerlegt und den Stickstoff ausscheidet, ist also ein mannigfaltiger. Worauf diese Mannigfaltigkeit beruhe, habe ich schon erwähnt. Es kommt für sie auf den Ort an, wo die Zerlegung stattfindet. Am deutlichsten wird uns das, wenn wir denjenigen Stickstoff betrachten, der den Stoffwechsel nicht vollständig durchmacht, in dem Keratin, das die sich abstoßenden, verhornenden Zellen erfüllt und dem Mucin, das wir in den Becherzellen entstehen sehen. Der Stickstoff, welcher im Harn erscheint, stellt ja eine Sammlung aus dem ganzen Körper dar. In den zerlegbaren Bestandteilen der Zellen können wir den Stick-

stoff finden, der ausgeschieden wird. Auch jener, der später durch den Harn hinausgespült wird, erleidet ursprünglich seine Abspaltung aus den Eiweißkörpern in den Zellen, wie uns das Verhältnis von Harnstoff und Harnsäure zu Protoplasma und Kern beweist. Damit kommen wir auf die Theorie Pflügers, wie sie im zweiten Abschnitt der allgemeinen Analyse geschildert wurde. Freilich ist dieselbe nicht mehr so verschieden von derjenigen Ludwigs[1]) und Voits,[2]) welche die Zersetzung in die zirkulierenden Säfte verlegten, wenn wir die letzten Erfahrungen berücksichtigen. Schon nach der Arbeit von J. J. Müller[1]) mußte man annehmen, daß die Zersetzung den Fermenten zu danken war, welche das Blut aus den Geweben aufnehme, und daß der Einfluß der Stromgeschwindigkeit darauf beruhe daß, je rascher das Blut die Gewebe durchströme, desto mehr von diesen Fermenten erhalte es. Nach Pflüger hängt die Größe der Zersetzung von der Tätigkeit der Gewebe ab, nach den Erfahrungen über die Vasomotoren aber wissen wir auch, daß die Stromgeschwindigkeit oder wenigstens die Menge des Blutes, welches die Gewebe durchströmt, von der Tätigkeit derselben abhängt. Direkt oder indirekt beeinflußt so die Tätigkeit die Zersetzung. Aber das bleibt die Differenz; kommen die Fermente aus den Zellen heraus in das strömende Blut oder gehen die Stoffe aus dem Blut in die Zellen, um die Zersetzung zu erfahren? Findet dieselbe diesseits oder jenseits der Wand statt, welche Blut und Zellen trennt? Wir wollen sehen, was für eine Antwort die weitere Untersuchung uns hierauf gibt. Einstweilen sehen wir, warum wir den Stoffwechsel des Eiweißes, der so von der Tätigkeit abhängt, der diese wieder bedingt, als einen aktiven betrachten müssen.

---

[1]) Ludwig, C. u. Schmidt, A., Das Verhalten der Gase, welche mit dem Blut durch den reizbaren Säugetiermuskel strömen. Verh. d. math. phys. A. d. K. S. Ges. d. Wissensch. 20, 1868.

[2]) Voit, C. v., Allgem. Stoffwechsel. Hermanns Hdbch. d. Phys. VI.

[3]) Müller, J. J., Über die Atmung in d. Lunge. Verh. d. math. phys. A. d. K. S. Ges. d. Wissensch. 21, 1869.

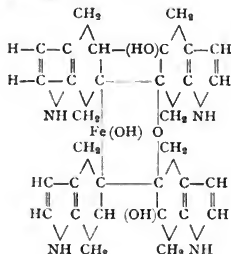
3. Intermediäre Stadien.

Wenn man nur den Anfang und das Ende, die Eingangs- und die Ausfuhrstoffe betrachtet, kann man sich natürlich kein Bild von den Umsetzungen machen, die im Innern des Organismus stattfinden. Nun gehören die Bestandteile aller Zellen zu den Stoffen, die hierbei entstehen, denn im vorigen Kapitel haben wir ja gesehen, wie die Nahrung, wenigstens die Eiweißkörper, erst zu diesen Bestandteilen wird, bevor sie zerlegt wird. Aber noch wissen wir zu wenig über diese Bestandteile, um uns ein chemisches Bild von ihrem Entstehen und Vergehen machen zu können. Es sind nur die Ergüsse dieser Bestandteile, die Sekrete, welche uns in genügender Menge zur Analyse zu Gebote stehen. Dazu gehört vor allem die Galle, und es trifft sich, daß wir auch wissen, wie sie ihre Entstehung herleitet von dem Blute, dessen Zellen, wie uns die Zählungen ergeben haben, in einem regelmäßigen Wechsel begriffen sind. In ihr haben wir es also zu tun mit Stoffen, die Bestandteile von Zellen gewesen sind, die der Organismus aus der Nahrung aufgebaut hat, und die nun wieder abgebaut werden entsprechend dem Plane des Stoffwechsels. Es sind in erster Linie die Gallenfarbstoffe, die unsere Aufmerksamkeit auf sich lenken, und unter ihnen wieder das Bilirubin, denn das um ein O reichere Biliverdin stellt sich als ein einfaches Oxydationsprodukt desselben dar. Das Bilirubin leitet seinen Ursprung her von dem Hämoglobin. Freilich ist das letztere ein so komplizierter Körper, daß wir uns in ihm noch nicht zurechtfinden. Aber das Hämoglobin spaltet sich in einen Eiweißkörper, das Globulin, und in einen Farbstoff, das Hämatin. Von der Konstitution des letzteren und der des Bilirubin hat uns Nencki[1]) ein sehr anschauliches Bild entworfen, das ich zunächst wiedergeben will.

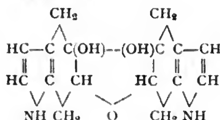
---

[1]) M. Nencki u. J. Zaleski, Über die Reduktionsprodukte des Hämins durch Jodwasserstoff und Phosphoniumjodid und über die Konstit. d. Hämins und seiner Derivate. Berl. Ber. 34.

Haematin ist $C_{32} H_{33} N_4 Fe O_4$



Bilirubin ist $C_{16} H_{18} N_2 O_3$

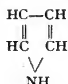


Fünferlei ist nun zu bemerken, wenn man sich die Konstitution des Hämatins und Bilirubins gegenüberstellt. Zuerst hat man sich gefragt, ist es wirklich dieselbe Spaltung, welche man künstlich macht, und die in der Leber sich vollzieht, denn das Hämatin ist ja eisenhaltig, das Bilirubin aber eisenfrei. Da entdeckte man, daß man auch künstlich aus dem Hämoglobin einen eisenfreien Paarling abspalten kann, wenn man dabei den Sauerstoff ausschließt. Und dieser Paarling, das Hämatoporphyrin,[1]) erwies sich als identisch mit dem Bilirubin. In der Leber aber haben wir allen Grund, einen geringen Sauerstoffdruck anzunehmen, denn für die Durchströmung ihrer Kapillaren ersetzt ja das venöse Blut der Pfortader das arterielle Blut während der Zeit der Verdauung zu einem großen Teil. Zum zweiten nun sieht man, daß bei dieser Spaltung das Hämatin in zwei gleiche Hälften zerfällt. Also auch Stoffe, die Bestandteile der Zellen geworden sind, werden bei der Spaltung in gleiche Hälften zerschlagen. Und diese Spaltung geschieht

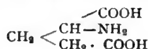
---

[1]) Hoppe-Seyler, Med. chem. Untersuch. 4, 1871.

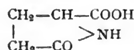
unter Aufnahme von Wasser; sie ist eine hydrolytische Spaltung. Nicht bloß die Bestandteile der Nahrung, auch die der Zellen des Organismus unterliegen derselben, das ist für das Verständnis des Mechanismus wichtig. Drittens die Spaltung geschieht an der Stelle, wo das Fe die beiden Hälften zusammenhält, und dieses zusammenhaltende Atom wird ausgeschieden. Aus vier gleichen Paarlingen besteht das Hämatin. In dem Bilirubin, soweit es noch nicht zerspalten ist, besorgt der Sauerstoff die Verbindung je zweier Paarlinge, wo aber zwei Bilirubine resp. Hämatoporphyrine zusammengehalten werden, geschieht es durch ein anorganisches Element, und dieses wird bei der Spaltung zurückbehalten, während die organischen Spaltlinge sezerniert werden. Viertens der einfache Paarling, der in dem Hämatin immer wiederkehrt, ist das Hämopyrrol[1]) $C_8H_{13}N$, wahrscheinlich ein Isobutylpyrrol. Wir lernen hier zum erstenmal den Pyrrolkern C_4H_5 oder



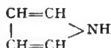
kennen. Von den mancherlei Bildungsweisen, die uns die Chemie lehrt, interessiert uns am meisten die aus der Glutaminsäure, einem Spaltling der Eiweißkörper, sowohl wegen der Herkunft, als wegen des Mechanismus



Glutaminsäure geht zuerst unter Abspaltung von Wasser und innerer Ringbildung in Pyroglutaminsäure über



Sodann spaltet sich CO_2 und nochmals H_2O ab und es erfolgt der Übergang in Pyrrol

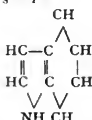


Das Hämopyrrol erscheint nun in dem Hämatin nicht mit der offenen Seitenkette des Isobutyls, sondern diese ist zu einem Ringe

---

[1]) **Nencki, M. und J. Zaleski, l. c.**

geschlossen. Einen solchen Doppelring kennen wir schon in dem Benzolpyrrol oder Indol $C_8 H_7 N$

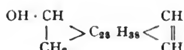


Dieser ist wasserstoffärmer, dehydriert, und es erwacht der Gedanke, ob nicht bei Abgabe von H mit dem Zusammenschluß solcher Ketten zu Ringen und ebenso das Aufklappen derselben mit der Hydrierung verbunden sein möge. Endlich fünftens hat Hofmeister aus der Menge der abgeschiedenen Galle und der Menge des vorhandenen Hämoglobins sowie den entsprechenden Molekulargewichten berechnet, daß täglich mehr als 2% des vorhandenen Hämaglobins zerspalten werden.[1]) Mit meinen eigenen Bestimmungen einer monatlichen Periode des Bildens und Vergehens der Blutkörperchen stimmt das ziemlich überein. Also ein Teil der Zellen des Organismus findet in der Leber fortwährend seinen Untergang. Daß das gerade die Leber ist, mag nicht bloß mit der Sauerstoffarmut des sie durchströmenden Blutes zusammenhängen. Das mag wohl das Mittel sein, durch das die Ausführung besorgt wird, die eigentliche Ursache aber mag, vergleichend anatomisch gesprochen, in der Lage der Leber liegen.

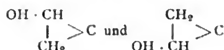
Nun hat man in den Blutkörperchen nicht bloß das Hämoglobin, sondern auch das Stroma zu unterscheiden. Das Stroma aber besteht aus Cholesterin und Lecithin. Es wundert uns daher nicht, in der Galle auch diese beiden Stoffe auftreten zu sehen. Das Lecithin leiten wir uns seiner Herkunft nach leicht von den Fetten ab, dagegen ist das Cholesterin ein Rätsel gewesen, ein Rätsel, das um so interessanter war, als es unzweifelhaft in großer Menge auftritt. Die neuesten Untersuchungen[2]) ergaben nun, daß es zu den Terpenen zu rechnen ist. Es ist ein Alkohol, wie seine OH-Gruppe beweist, und es kommt ihm wahrscheinlich eine Konstitution zu, die sich so veranschaulichen läßt.

[1]) In der Galle werden etwa täglich 0,56 g Bilirubin oder mehr ausgeschieden. Diese entsprechen ca. 15 g Hämoglobin oder 100—110 ccm Blut. Bei einer Blutmenge von 5 l macht das etwas über 2 % aus. Briefl. Mitteil. v. F. Hofmeister.

[2]) A. Windaus und G. Stein, Über Cholesterin. Berl. Ber. 37.



wobei die unbekannte Mitte wahrscheinlich durch drei weitere Ringe gebildet wird. Den Terpenen eigentümlich sind zwei Isomerien, die cis- und die trans-Stellung

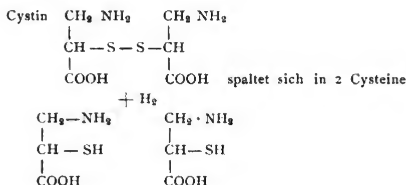


und es ist charakteristisch, daß es außer dem bekannten Cholesetrin noch ein Isocholesterin von gleicher Zusammensetzung aber etwas anderem Schmelzpunkt gibt. Nun habe ich schon erwähnt, wie durch die Terpennatur des Cholesterins die Brücke zwischen den Harzen der Pflanzen und den Fetten der Tiere geschlagen wird. Aber wenn so das Cholesterin in die nächste Verwandtschaft zu der Abietinsäure aus dem Tannenharz rückt, so fragt man sich doch, welche Kraft kann in dem Lebensprozeß hier das eine, dort das andere erzeugen? Die einzige Kraft, welche gemeinschaftlich erscheint, ist das Licht und der Umstand, daß das Cholesterin gerade in den roten Blutkörperchen im Anschluß an den Farbstoff auftritt, erlangt dadurch seine Bedeutung.

Nun haben wir in der Galle noch die Gallensäuren, die Taurochol- und die Glykocholsäure. Beiden gemeinschaftlich ist die Cholsäure $C_{24}H_{40}O_5$. Noch wissen wir nichts über ihre Konstitution. Vieles aber deutet auf ihre nahe Verwandtschaft zu dem Cholesterin, und ihre Umwandlung in den harzigen Bestandteil der Facies läßt uns ihre Beziehung zu den Terpenen noch deutlicher durchblicken. Die anderen Paarlinge, Glykokoll und Taurin erscheinen leicht als Derivate der Eiweißkörper. Das Glykokoll ist uns als Paarling der Hippursäure schon begegnet. Es kommt in den Eiweißkörpern selbst vor, und wir haben dort gesehen, wie es als ein nicht vollkommenes Zerstörungsprodukt derselben auftritt. Das Taurin, die Amidoaethylsulfosäure enthält einen Teil des Schwefels der eingeführten Eiweißkörper.[1]) Dieser passiert also die Leber, und er passiert sie in oxydiertem Zustand. Gepaart ist er mit

[1]) Spiro, Über die Gallenbildung beim Hunde. Arch. f. Anat. u. Phys. Phys. Ab. Supp. 1880.

einem Alkohol, in den die Amidogruppe eingetreten ist. Seine Entstehung wird uns jetzt leicht verständlich, wenn wir von dem Cystin ausgehen, der Gruppe, in der der S in den Eiweißkörpern wahrscheinlich enthalten ist.



und jedes der Cysteine geht unter Abspaltung von CO_2 und Aufnahme von 3 O in



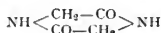
Taurin[1]) über.

4. Chemische Fingerzeige.

Man hat in den früheren Kapiteln die Eiweißkörper als Grundlage, als Ausgangspunkt des Stoffwechsels angenommen. Nun geschieht von denselben aus sowohl eine Reduktion bis zur Bildung von Fetten, wie eine Oxydation bis zur Ausscheidung von Kohlensäure und Wasser. Der Stickstoff bleibt an dieser Oxydation unbeteiligt, und doch ist er für das Zustandekommen derselben unentbehrlich. Seine Rolle wird uns etwas deutlicher, wenn wir die Konstitution der Eiweißkörper ins Auge fassen. Soweit wir dieselbe kennen, haben wir in denselben verschiedene Gruppen zu unterscheiden. Da ist zunächst die S-Gruppe, die wir uns repräsentiert vorstellen durch das Cystin. Sodann die aromatische Gruppe, als deren vornehmsten Repräsentanten wir das Tyrosin kennen. Dann eine basische Gruppe, etwa den Protaminen entsprechend, und vielleicht eine saure Gruppe, die die Körper, wie Leucin, Glykokoll

[1]) Friedmann, E., Beitr. z. chem. Phys. u. Pathol. 2, u. Neuberg, C., Berl. Ber. 35.

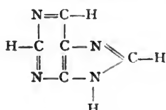
und andere, nur eine Aminogruppen enthaltende, Aminofettsäuren zusammenfaßt. Die verschiedenen Gruppen mögen vielleicht zusammengehalten sein, wie die verschiedenen Hämopyrrole im Hämatin, wir wissen das einstweilen nicht. Aber innerhalb einer Gruppe, wie ist da der Zusammenhalt? Wir schließen uns hier E. Fischer[1]) an, der uns die Polypeptiden kennen gelehrt hat. Da ist vor allem zu merken die doppelte Existenzmöglichkeit der Polypeptiden als Ketten und als Ringe, mit oder ohne Wasser. Von ihnen sind das Glycylglycin $NH_2 . CH_2 . CO . NH . CH_2COOH$ bis hinauf zum Tyrosinglycylglycin. $C_6H_4 . OH . CH_2CHNH_2 . CONH . CH_2 CO . NH . CH_2COOH$ bereits künstlich dargestellt worden. Wenn sich die Schlange in den Schwanz beißt, so kann sich die Kette zu einem Ring zusammenschließen, bei dem Glycylglycin zu einem Dioxypiperazin.[2])

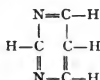


Aber der Ring kann, wie das obige Beispiel vom Tyrosinglycylglycin zeigt, beliebig erweitert werden. Immer ist es der N, an dem der Ring sich schließt, und diese innere Ringbildung ist uns schon vertraut von der Entstehung des Kreatinins und des Pyrrols her. Wir sehen zum erstenmal, welche Rolle der Stickstoff spielen mag bei den Körpern, die dem Leben zugrunde liegen. Wir beginnen dann weiter zu verstehen, welche Rolle die hydrolytische Spaltung bei denselben spielt, denn wird einem solchen Ringe Wasser zugeführt, so klappt derselbe auf zur Kette, der Zusammenhang geht an einer Stelle verloren, er muß an jener Stelle verloren gehen, wo das H-Atom an den N, das HO an die Carboxylgruppe geht. Weiter aber lernen wir aus der Chemie, wie die Hydrierung, das Hinzufügen von Wasserstoff, das Aufklappen der uns bekannten Ringe bedingt. Den Pyrrolen entsprechen die Pyrrolidine, den Pyrazinen die Piperazine, den Pyridinen die Piperidine, den Benzolen die Hydrobenzole. An Stelle der doppelten Bindungen treten die einfachen, und mit dieser Lockerung vollzieht sich das Aufklappen. So aber bilden sich Ketten und reduzierte Ketten, und wir beginnen das Vorhandensein der langen reduzierten Ketten

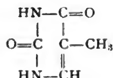
[1]) E. Fischer, Synthese v. Polypeptiden. Berl. Ber. 36, 37.
[2]) E. Fischer u. H. Leuchs, Synthese v. Polypeptiden. Berl. Ber. 37.

in den Fetten zu verstehen. Woher aber kommt der Wasserstoff, der zu einer solchen Hydrierung verbraucht wird? Nun sehen wir den Stickstoff in zweierlei Verbindungen auftreten in den lebenden Wesen, als NH_3 in Verbindung mit dem Wasserstoff und als CNH oder CNOH in Verbindung mit dem Kohlenstoff. Als NH_3 ist er immer vorhanden in den Eiweißkörpern. Wenn er nun in die CNH-Bindung übergeht, muß er H_2 oder wenn er in die CNOH-Bindung übergeht, muß er 2 H_2 abgeben, wenn gleichzeitig der O aus H_2O herrührt. Aber tut er denn das? Diese Verbindungen sind doch so giftig. Ja daß sie so giftig sind, beweist eben ihr Eingreifen in das Leben, und dieses Eingreifen braucht bloß am unrechten Ort zu geschehen, um das Leben zu zerstören. In dem Vorkommen von Rhodankalium im Speichel CNSK, in der Entstehung des Harnstoffs aus CNONH und in der konstanten Differenz, die beide NH_2-Gruppen bei der Verbindung mit Säuren zeigen, aber haben wir Zeugen für dieses Auftreten.[1]) Mehr aber als dieses beweist das Folgende. Den Eiweißkörpern stehen gegenüber die Nukleine, die Substanzen der Kerne. Wie die Eiweißkörper charakterisiert werden durch die Aminoverbindungen, so werden es die Nukleine durch die Purinbasen, die alle den Kern $C_5\ H_4\ N_4$ enthalten. Dieser Kern aber erweist sich als ein Derivat der Pyrimidine





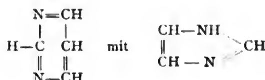
Das Uracil, von dem sich die Harnsäure, das Trioxypurin ableitet, und das Thymin, das in den Kernen der Thymusdrüsen wie in den Spermatozoen neben den Purinkörpern vorkommt, machen uns das sehr wahrscheinlich.[2]) Wir können das Thymin $C_5H_6N_2O_2$ als ein Aethyldiketotetrahydropyrimidin auffassen.



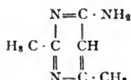
[1]) E. Drechsel, Chemie der Absonderungen in d. Gewebe. Hermanns Hdbch. d. Physiologie V.

[2]) E. Fischer u. Roeder, Synthese des Uracils, Thymins u. Phenpluracils. Berl. Ber. 34.

Die Purine erscheinen dann als Kombinationen des Pyrimidin- und des Glyoxalinringes



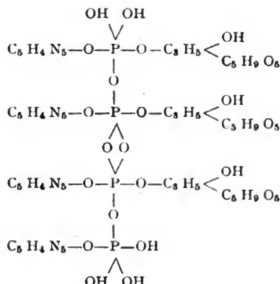
Erweisen sich so die Pyrimidine als die Grundlage der Nukleine, dann muß man weiter beachten, daß die Pyrimidine auffallenderweise leicht entstehen durch die Polymerisationen von Cyanalkylen $3\ CH_3 . CN$ bilden



wobei die Seitenketten sich leicht abspalten.

Das Guanin und das Adenin, Aminooxypurin und Aminopurin lassen uns freilich daran denken, daß dies in bezug auf die NH_2-Gruppe, vielleicht nicht immer geschieht. Eine Polymerisation aber haben wir allen Grund anzunehmen als in den lebenden Wesen leicht erfolgend. So liegt uns denn die Vorstellung nahe, daß aus den Eiweißkörpern sich Nukleine entwickeln können, indem der N in der CNH-Bindung die Eiweißkörper verläßt. Dabei wird der H der ursprünglichen NH_2-Gruppe zur Hydrierung verwandt, und es gehen die Ketten der nunmehr N-freien und aufgespaltenen Gruppen in die Fette über, während sich gleichzeitig die Pyrimidine bilden, die als Grundlage der Kerne und Spermatozoen dienen. Nun gewährt uns die Chemie noch einen weiteren Wink bezüglich der Zerlegung der großen Eiweißmoleküle in kleinere Gruppen. Im vorigen Kapitel haben wir gesehen, wie das Hämatinmolekül gespalten wurde in zwei Hälften unter Ausscheidung des in der Mitte stehenden Fe-Atoms. Bei dem Eiweiß wird die Rolle des Fe offenbar vertreten durch den S. Die Gruppe desselben, die in der Mitte steht, ist aber offenbar das Cystin. Das Cystin aber spaltet sich bei der Zerstörung in die zwei gleichen Hälften der Cysteine, und das ist der Vorläufer der Oxydation zu Taurin. Werfen wir in der Beziehung

noch einen Blick auf die Nukleine. Bang[1]) hat uns einen Plan entwickelt über den Bau der Guanylphosphorsäure, die in den Kernen der Pankreas vorkommt, die dieselben charakterisiert.



Auf der einen Seite der P-Atome stehen hier die Purinbasen, auf der anderen Glyzerin und Pentosen. Das Molekül enthält 4 Phosphorsäureradikale. Schmiedeberg und Miescher[2]) in ihrer Analyse der Spermatozoen nehmen in dem Nukleinmolekül bloß 2 Phosphorsäureradikale in Verbindung mit den Purinkörpern an. Wäre es möglich, daß dieses Molekül des Pankreasnukleins sich in der Mitte aufspalten würde, um den Spermatozoennukleinen zu entsprechen, und daß dabei in bezug auf die Radikale, die mit der Phosphorsäure in Verbindung sind, der Tausch ein ungleicher würde. Die Physiologen unterscheiden zwei Arten von Nukleinen. Die echten, welche Purinbasen enthalten, und die Paranukleine, wie sie in dem Kasein gefunden werden, von denen man bis jetzt bloß weiß, daß sie Phosphorsäure, aber keine Purinbasen besitzen. Wäre es möglich, daß die Guanylphosphorsäure zerfiele in eine Hälfte, die den echten Nukleinen mit Purinbasen, und in eine andere, die den Paranukleinen entspräche, ausgerüstet mit den Glyzerinen, die zu den Fetten und den Pentosen, die zu den Kohlenhydraten hinführen?

---

[1]) Bang, J., Chemische u. Physiol. Studien üb. d. Guanylsäure. Zeitschr. f. phys. Chem. 31, 1900/01.

[2]) Schmiedeberg u. Miescher, Physiol. chem. Unters. über die Lachsmilch. A. f. exp. Path. u. Pharm. XXXVII.

Bevor wir weitergehen, müssen wir jetzt auch beachten, daß die anorganischen Moleküle eine gewisse Rolle spielen im Leben. Abgesehen von dem Fe, dem S, dem P, von denen wir schon sprachen, sind die Eiweißkörper niemals aschefrei. Welche Rolle diese anorganischen Moleküle bei ihnen spielen, wissen wir einstweilen nicht. Ich lenke die Aufmerksamkeit auf zwei, das Si und den Ca. Die Anwesenheit von Si in den Haaren, den Federn ist längst konstatiert, in den anderen Organen teilweise auf Verunreinigung zurückgeführt worden. Schulz[1]) hat aber kürzlich unter Beobachtung aller Vorsichtsmaßregeln seine Anwesenheit in vielen Organen, vor allem in der Kristalllinse mit Sicherheit nachgewiesen. Von der Notwendigkeit des Ca für das Leben haben wir so viele Nachweise, daß ich nur an die Arbeiten von Hall[2]) erinnern will, wonach Mäuse rasch verhungern, wenn ihnen Ca in einer gewissen Bindungsweise, nicht Ca überhaupt, in der Nahrung entzogen wird. Mich interessierte namentlich der Ca, der in den Kalksäckchen der Frösche, die um die Spinalganglien derselben liegen, vorkommt. Der Gehalt dieser Säckchen ist einem fortwährenden Wechsel unterworfen, ein Beweis, daß dieser Ca eine Rolle in dem Lebensprozeß des Frosches spielt. Sollte diese Rolle damit zusammenhängen, daß die Frösche immer noch wachsen, auch nachdem sie geschlechtsreif geworden sind? Diese beiden anorganischen Elemente haben die Eigentümlichkeit, daß sie auch anorganische Verbindungen bilden, welche kolloidale Modifikationen besitzen. Von der SiO_2 ist dies bekannt, und das gallertartige Verhalten des Tricalciumphosphates $(PO_4)_2Ca_3$ der Kalkverbindung in den Knochen und den Pflanzen kann nicht anders interpretiert werden. Über die Bedeutung des kolloidalen Verhaltens für das Leben aber werden wir uns noch zu unterhalten haben.

5. Physiologische Hilfsmittel.

Wenn man sich an der Hand der chemischen Fingerzeige, die das vorige Kapitel gab, ein wenig verdeutlicht hat, was für Arten

[1]) Schulz, H., Über den Kieselsäuregehalt menschl. u. tier. Gewebe. Pfl. A. 84 u. 87, 1901/1902.

[2]) Hall, W. S., Einige Bemerkungen über die Herstellung eines künstlichen Futters. A. f. A. u. Phys. Ab. 1896.

von Umsetzungen im Organismus stattfinden mögen, so fragt man sich, was für Hilfsmittel besitzt denn der Organismus, um dieselben herbeizuführen. Für manche dieser Umsetzungen, z. B. die Polymerisationen, sind Hilfsmittel gar nicht erforderlich, für andere, wie die Abspaltung von CO_2 genügt die Wärme, für wieder andere die Gegenwart gewisser Substanzen, wie Phosphorsäure usw. Die wichtigste aber, die hydrolytische Spaltung bedarf der Hilfsmittel. Sie geschieht in den lebenden Wesen in einer ganz besonderen, diesen eigentümlichen Weise. Wenden wir uns zunächst einmal dem zu, was man darüber erfahren hat.

Der Name Ferment rührt her von der Gärung, und so ist der typische Vertreter der Fermente der Sproßpilz, Saccharomyces. Mit der Zeit aber hat man gelernt, daß die fermentative Tätigkeit nicht auf so entwickelte Lebewesen beschränkt ist. Buchner[1]) hat gezeigt, daß fermentative Tätigkeit auch von Säften ausgehen kann, die durch Filter passiert sind. Man hat daher den Unterschied zu machen begonnen zwischen geformten und ungeformten Fermenten. Indessen hat man sich nicht ganz mit der Auffassung beruhigt, daß bei den ungeformten Fermenten jede morphologische Organisation ausgeschlossen sei.[2]) Das Passieren eines Filters, namentlich eines Chamberland'schen Filters gewährt dafür keine Garantie. Wissen wir doch, daß selbst so komplizierte und große Lebewesen wie weiße Blutkörperchen durch ein Filter hindurchgehen können. Es gehört dazu eine Ausziehbarkeit in ganz feine, dünne Fäden, wie sie die Quellung mit sehr viel Flüssigkeit verleiht. Entzieht man diese Flüssigkeit, sie ist ja meistens Wasser, durch ein Mittel, welches die Bestandteile der Fermente niederschlägt, dann macht sich die Verschiedenheit im Brechungsindex zwischen diesen Fermenten und der umgebenden Flüssigkeit wieder fühlbar und die Folge ist die Ausfällung der Mikrozymen als Gebilde von besonderer Form. So wären also die ungeformten Fermente Gebilde von einer gewissen morphologischen Organisation, nur wäre ihr Wassergehalt so groß, daß, so lange ihnen dieses Wasser nicht entzogen ist, für unser Auge keine Differenz gegenüber der umgebenden Flüssigkeit stattfindet. Die Differenz des Brechungsindexes wird zu klein, als

---

[1]) **Buchner, E. u. Rapp, R., Alkohol. Gärung ohne Hefezellen. Berl. Ber. 32.**
[2]) **Ahrens, F. B., Ein Beitrag zur zellfreien Gärung, Z. f. angew. Chemie. 1900.**

daß wir sie wahrnehmen können. Mit diesen ungeformten Fermenten haben wir es zunächst zu tun. Wir teilen sie einstweilen in zwei Klassen ein. Fermente, die bei der Verdauung zerlegend wirken, und Fermente, die eine Gerinnung hervorrufen. Zu den ersteren gehört das Ferment des Speichels, welches die Stärke in Zucker zerlegt, das des Magensaftes mit der Spaltung der Eiweißkörper in Albumosen und Peptone, und das des Pankreassaftes, das entweder in drei Richtungen tätig ist, oder aus drei gesonderten Fermenten besteht. Hier wird nämlich Stärke in Zucker, Eiweißkörper in Albumosen und Peptone, und endlich Fette in Glyzerin und Fettsäuren gespalten. Neben diesen Verdauungsfermenten haben wir solche, welche eine Gerinnung von Eiweißkörpern herbeiführen, nämlich das Fibrinferment, welches das Blut, und das Labferment, das die Milch gerinnen machte.

Dabei schlägt dieses letztere eine Art Brücke auf zwischen den beiden Arten von Fermenten. Denn neben seiner Wirkung auf die Milchgerinnung hat es noch die Fähigkeit, daß es die durch die Einwirkung des Pepsins in Peptone zerspaltenen und dabei verflüssigte Eiweißkörper zu einem wieder festwerdenden Eiweißstoff, dem Plastin, zu vereinigen. Indem wir das wahrnehmen, tun wir einen weiteren Schritt. Wenn die Fermente Fette, Kohlenhydrate, Eiweißkörper zerlegen, so spalten sie; sie üben eine Wirkung aus, die der Chemiker zerlegend nennt. Immer geschieht dies unter Mitwirkung des Wassers, und man hat deshalb dieser Tätigkeit auch den Namen „der hydrolytischen Spaltung" gegeben. Im Gegensatz dazu aber lernen wir auch einen Aufbau kennen, den ein Ferment besorgt. Aus den Spaltungsprodukten des Eiweiß, die von einem anderen Fermente herrühren, dem Pepsin, baut das Labferment wieder einen Eiweißkörper auf, das Plastein.[1]) Fermente können also nicht bloß analytisch, sondern auch synthetisch wirken. Ja mitunter haben wir den Eindruck, als ob dasselbe Ferment auf dieselbe Substanz in dem einen wie in dem anderen Sinne einwirke, es spaltet die Substanz, und aus den Spaltungsprodukten baut es die Substanz wieder auf. Wenigstens hemmt bei den meisten Fermenten die Anhäufung von Spaltungsprodukten die weitere Zerlegung. Es scheint sich eine Art Gleichgewichtszustand herzustellen zwischen

[1]) Sawjalow, W. W., Zur Theorie der Eiweißverdauung. Pfl. Arch. 85, 1901.

der Zerlegung und dem Aufbau. Wollen wir das genauer verfolgen, so gelingt uns der Nachweis des Aufbaues nicht immer, mitunter jedoch wieder können wir das quantitativ feststellen. Man kann z. B. die Maltose, eine besondere Zuckerart, in Traubenzucker zerlegen durch ein Ferment, die Maltase. Das gelingt, bis ein bestimmter Traubenzuckergehalt der Lösung erreicht ist. Fügt man aber der Lösung Traubenzucker zu, so steigt der Gehalt an Maltose wieder an.[1]) Sowohl nun durch Zufügung von Maltose, wobei es zu einer Zunahme des Traubenzuckergehalts kommt, wie durch Zufügung von Traubenzucker, was eine Zunahme des Maltosegehalts zur Folge hat, kommt man auf ungefähr dasselbe Endverhältnis von Maltose zu Traubenzucker. Das ist der Gleichgewichtszustand, und wird derselbe nach der einen wie nach der anderen Richtung gestört, so stellt ihn die Maltase wieder her. Dasselbe Ferment kann also analysieren wie synthetisieren. Und was es tut, ist abhängig von dem Mengenverhältnis, d. h. von der Konzentration der beiden Stoffe. Eine wichtige Erfahrung, die wir uns gleich merken wollen.

Es erinnert nun dieses Verhältnis zwischen Maltose und Traubenzucker an das zwischen Glykogen und Traubenzucker in den Leberzellen, wo auch bald eine Bildung, bald eine Zerstörung stattfindet, vielleicht auch im Anschluß an die Konzentration. Wir sehen dabei gleich, welche Rolle die synthetischen Prozesse in den Zellen spielen müssen, da ja der Aufbau des gesamten Materials, aus denen die Zelle besteht, von ihnen abhängt. Abgesehen hiervon, allein aus den Wirkungen hat z. B. Hofmeister[2]) geschlossen, daß in der Leberzelle elf verschiedene Fermente vorhanden sein müßten. Uns wundert das nicht. Wir gehen ja davon aus, daß die Fermente auf der Bildung von morphologischen Organisationen beruhen, und das Mikroskop enthüllt uns ja eine morphologische Organisation in derselben nach der anderen. Doch halt, sollen wir nicht gerade an den Leberzellen etwas anderes erfahren. Man hat aus der Leberzelle auch ein Ferment extrahiert, welches man nach seiner Wirkung als Oxydase bezeichnet. Dann hat man diese Oxydase auch aus anderen Zellen gewonnen und hat ihre Wirkung verglichen mit denen, die man von pflanzlichen Fer-

[1]) Croft Hill, Reversible Zymohydrolysis. Journ. of chem. Soc. 73, 1898.
[2]) Hofmeister, Die chem. Organisation d. Zelle. Braunschw. 1901.

menten schon kannte, und die man Lakkasen nannte. Nun entdeckte man, daß die Lakkasen Mangan,[1]) die Oxydasen[2]) Eisen enthalten. Es ist also die chemische Konstitution, welche die Wirkung bestimmt. Indessen in den Zellen sind, wie wir weiterhin sehen werden, chemische Konstitution und morphologische Organisation auf eine eigentümliche Weise miteinander verknüpft. Bald werden wir auch erkennen, wie der chemischen Eigentümlichkeit auch eine morphologische sich anschließt. Wir werden dann einsehen, wie in der Zelle sich diese beiden aufs mannigfachste aneinander anreihen, und wie auch die neuerdings entdeckten Reduktasen, die den Oxydasen gegenüberstehen, ihre chemisch-morphologische Organisation haben müssen. Einstweilen merken wir uns nur, daß es notwendig ist, beide Arten von Fermenten aus den Zellen zu extrahieren, wenn man sie erhalten will; sie werden nicht von den Zellen sezerniert, wie die Verdauungsfermente. Die ihnen zugrunde liegenden Organisationen sind und bleiben also Teile der Zellen selbst. Daß sie sich den Verdauungsfermenten in vieler Beziehung so ähnlich verhalten, zeigt, daß, was für die Fermente gilt, auch auf das Leben der Zellen seine Anwendung findet. Was aber sind die Eigenschaften der Fermente nun eigentlich? Um das zu ergründen, müssen wir uns den einfachsten Fermenten zuwenden, die man vor kurzem entdeckt hat, den kolloidalen Metallen. Ja die Metalle können auch fermentativ wirken, und das zeigt, daß es auf einen organischen Stoff, auf die Zusammensetzung bei den Fermenten nicht ankommt. Verschiedene Metalle können es, es ist also auch nicht die chemische Natur des Metalls, auf die es ankommt, aber Bedingung ist, daß es kolloidal angewendet wird. Was heißt das, kolloidal? Es ist die fermentative Wirkung des kolloidalen Platins am besten studiert, wenden wir uns deshalb diesem zu. Das kolloidale Platin erhält man am einfachsten nach Bredig,[3]) indem man zwischen zwei etwa 1 mm starken Platindrähten bei einer Spannung von 30—40 Volt und einer Stromstärke von 5—6 Ampère unter abgekühltem, destilliertem Wasser einen Lichtbogen bildet, in dem dann die Ka-

---

[1]) Bertrand, Compt. rend 122, 1896.

[2]) Spitzer, W., Die Bedeutung gewisser Nukleoproteine f. d. oxyd. Leistung der Zelle. Pfl. A. 67, 1897.

[3]) Bredig, Zeitschr. f. angew. Chemie 1, 1898.

thode überaus fein zerstäubt. Man erhält nach Abfiltrieren der groben Partikel eine vollkommen klare, tief dunkelbraune Flüssigkeit, deren Suspensionscharakter sich durch das Tyndallphänomen dokumentiert. Im besten Fall enthält eine solche Flüssigkeit etwa 20 mgr Platin in 100 ccm Wasser. Die Flüssigkeit, die die noch ungeteilten Platinteilchen enthält, aber so fein verteilt und so klein, daß sie nicht untersinken, wirkt also fermentativ. Ob ich auf Wasserstoffsuperoxyd das Enzym der Mandeln, das Emulsin, oder ob ich kolloidales Platin einwirken lasse, in beiden Fällen erfolgt die Zerlegung ganz gleich. Und die Störungen wie die Begünstigung der Wirkungen sind für beide gleich. Begünstigend wirkt z. B. für beide eine ganz schwache Alkaleszenz, störend wirkt vor allem bei beiden Temperaturerhöhung über ein gewisses Maß hinaus und Vergiftung. Enzymgifte sind auch Platingifte. Die wichtigsten derselben sind Blausäure, Schwefelwasserstoff, Hydroxylamin, Sublimat und Kohlenoxyd. Diese Gifte wirken auf das Platin verändernd, indem sie seine metallische Natur aufheben. Und das bringt uns zuerst auf den Gedanken, daß die Wirkung herrühren muß von seiner eigentümlichen Beschaffenheit und doch wieder nicht von seinen chemischen Eigenschaften, denn die organischen Enzyme haben ja dieselben Wirkungen. Es können also nur die physikalischen Eigenschaften sein. Und zu diesen physikalischen Eigenschaften ist zu rechnen 1. die metallische Natur, 2. die feine Verteilung im Wasser ohne gelöst zu werden. Alle diese feinen ungelösten Metallteilchen müssen dem Wasser gegenüber eine Oberfläche haben. Nun wissen wir aus Versuchen, daß wenn man mit Platinmohr überzogene Platinelektroden in eine Elektrolytlösung eintaucht, die eine Elektrode mit Sauerstoff, die andere mit Wasserstoff lädt und die Elektroden verbindet, so erhält man einen Strom von ungefähr 1,1 Volt Spannung. Als Elektroden können nun die in dem Wasser suspendierten Platinteilchen wirken. Und sie können auch die Kette schließen, indem sie sich berühren. Wo aber bekommen sie denn die Ladung mit Wasserstoff und Sauerstoff her? Da muß man denn die Ostwaldsche[1]) Annahme zu Hilfe nehmen, daß Katalyten oder Enzyme nur Reaktionen beschleunigen, welche auch ohne sie, nur unendlich viel langsamer

[1]) Ostwald, W., Dekanatsprogr. d. phil. Fak. Leipzig 1898.

verlaufen. Daß es nun eine solche langsam verlaufende Trennung der beiden Ionen, als deren Repräsentanten hier Sauerstoff und Wasserstoff genommen wurden, gibt, zeigt die Arrheniussche Erfahrung über das Verhalten der Salze in verdünnter Lösung. Zerfallen also Elektrolyte infolge der spontanen Bewegungen der Atome im Molekül in die beiden Ionen, so finden die letzteren in den Teilchen des kolloidalen Platins die Elektroden, an denen sie sich anhäufen und die sie laden können. Der elektrische Strom, der so entsteht, besorgt nun eine weitere Zerlegung und so wird, sich immer steigernd in der Geschwindigkeit, die Zersetzung der Elektrolyten bewirkt. Das kolloidale Platin wirkt so als Überträger einer elektrischen Differenz, die zwischen den beiden Ionen stattfindet und die sich fortwährend erhöht. Denn jeder neue Zerfall bildet Ionen, die als Stromquelle wirken, und jede Strombildung bewirkt neuen Zerfall. Indes gehört hierzu noch etwas, was man teils der Natur des Platins, teils dem kolloidalen Zustand zuschreiben muß. Das Platin hat nämlich wie noch andere Metalle die Eigenschaft Gase, namentlich Wasserstoff, zu verdichten. Wenn es fein verteilt ist als Mohr äußert es diese Wirkung in hohem Grade. Nun hängt diese Anhäufung von Wasserstoff des einen Ions an dem Platin (es ist jedenfalls eine Art von Anziehung, die das Platin auf den Wasserstoff ausübt) mit der Entstehung des elektrischen Stroms zusammen. Die Elektroden lassen sich nämlich in jenen oben erwähnten Versuchen vergiften, ebenso wie die Enzyme, und Höber[1]) fand das auffallende Ergebnis, daß Blausäure oder Cyankalium z. B. nur giftig wirken, wenn man sie auf die O-Elektrode bringt, an der H-Elektrode sind sie ganz indifferent. An der O-Elektrode aber muß sich der Wasserstoff anhäufen, wenn das Wasser durch den von dieser elektrischen Spannung verursachten Strom zersetzt wird. Das Cyankalium oder die Blausäure, indem sie das Platin als Metall zerstören (darauf beruht ihre Giftwirkung), machen es unfähig, den Wasserstoff anzuziehen und anzuhäufen. Indessen noch einen Schritt müssen wir weitergehen. Wir haben seither das kolloidale Platin nur angesehen als aus diskreten suspendierten metallischen Teilchen bestehend. Es ist das alles, wozu uns die Beobachtung bezüglich des Platins ein Recht gibt. Indessen bietet

[1]) Höber, Über Platinkatalyse. Pfl. A. 82, 1900.

das kolloidale Platin eine so große Analogie mit anderen kolloidalen Stoffen dar, daß man ihm daher ja den Namen gegeben hat. Wie verhält sich nun der Leim, die Colla gegenüber dem Wasser? Er quillt mit demselben, d. h. das Wasser dringt in das Innere hinein, während die Oberfläche erhalten bleibt. Die feinsten Teile, sagen wir die Molekülgruppen, welche die Oberfläche bilden, zeigen noch einen Zusammenhang, auch wenn sich das Gesamtvolumen auf das vielfache vermehrt hat. Damit muß auch ihr Abstand gewachsen sein, sie halten aber trotzdem zusammen. Das muß nun eine Eigentümlichkeit des kolloidalen Zustandes sein, daß solche Molekülgruppen vorhanden sind mit zusammenhängender Oberfläche und einem Innern, in das das Wasser hineinpassiert. Solche Molekülgruppen müssen auch in dem kolloidalen Platin existieren, und wir müssen auch in ihnen den Gegensatz zwischen Oberfläche und Innerem unterscheiden. Das ist nun insofern wichtig, als uns die Erfahrung lehrt, daß es bei dem Entstehen einer elektrischen Spannung zwischen den beiden Ionen eines Elektrolyten sich um eine Trennung derselben handelt. Wo eine solche Trennung nicht stattfindet, vereinigt die zwischen den ungleichnamigen Elektrizitäten stattfindende Anziehung sie alsbald wieder. Bei den verdünnten Lösungen von Arrhenius sind es vielleicht die weiten Wege, welche die Ionen zurückzulegen haben, um sich anzutreffen, in dem vorhin erwähnten Beispiel, die Entfernungen der beiden Platinelektroden, welche die Vereinigung verhindern. Im Falle des kolloidalen Platins muß der Gegensatz zwischen Oberfläche und Innerem der kolloidalen Molekülgruppe die Trennung bewirken. An der Oberfläche wird das eine Ion festgehalten vielleicht durch die Anziehung der metallischen Platinoberfläche, in das Innere wird das andere Ion geführt, wahrscheinlich durch den Strom des Wassers, der, wie das dem kolloidalen Zustand entspricht, dahin geht. So entsteht die Trennung der beiden Ionen und damit der elektromotorische Gegensatz an der Platinmolekülgruppe, der zur elektrischen Zerlegung in dem Elektrolyten und so zu immer neuer Steigerung des Gegensatzes führt, bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist. Damit ist nun aber auch die Beziehung gegeben, die ein solches Metall im kolloidalen Zustand mit den organischen Enzymen hat. Die organischen Enzyme stellen, wie ich im Eingange dieses Kapitels sagte, sehr wasserreiche organische morphologische Bil-

dungen dar. In letzter Instanz sind solche Bildungen Blasen, an denen von der organischen Struktur nichts übrig geblieben ist als eine dünne Haut, welche die Flüssigkeit umschließt. Der geringe Gehalt an fester Substanz gegenüber der Flüssigkeitsmenge, die scheinbare Klarheit, der Umstand, daß sie durch ein Filter hindurchgehen, das mikroskopische Bild der Mikrozymen und der Zymogenkörner, d. h. der Bildungsstadien der Enzyme, verwischen dieses Verhalten bei manchem unserer Verdauungsfermente. Nun findet aber durch die Wandung einer solchen Blase zwischen der umgebenden Flüssigkeit und ihrem Innern eine Osmose statt. Bei dieser Osmose zerfallen Elektrolyte in ihre Ionen, wie das fünfte Kapitel des vorigen Abschnittes auseinandersetzte. Das eine Ion passiert durch die Wandung der Blase in das Innere derselben, das andere wird zurückgehalten und bleibt außen. Der Zerfall in die Ionen steigert die Osmose, und diese wieder den Strom. So findet auch hier ein Anwachsen der Wirksamkeit statt, bis der Gleichgewichtszustand erreicht ist. Was bedeutet nun der? Eine Beziehung zwischen zwei einander entgegengesetzten Wirkungen. Dasselbe Ferment, haben wir bei der Maltase gesehen, kann sowohl zersetzend wie bildend wirken, analytisch wie synthetisch. Wir sehen nun den Grund davon ein. Ein osmotischer Strom kann sich sowohl nach der einen wie nach der anderen Richtung vollziehen. Die Stoffe können sowohl in der einen Richtung von der Umgebung nach dem Innern vordringen, was nach den obigen Betrachtungen eine Zersetzung herbeiführen müßte, wie auch in der umgekehrten Richtung von dem Innern nach der Umgebung, was zu einer Wiedereinigung der Ionen, also zu einer Bildung führen würde. Und die Richtung eines osmotischen Stroms ist bedingt durch die Konzentrationsdifferenzen, welche innerhalb und außerhalb der osmosierenden Membran stattfinden. Wir sehen daher ein, wie in dem vorhin zitierten Beispiele die Steigerung des Traubenzuckergehaltes eine Bildung von Maltose eine Synthese, die Steigerung des Maltosegehaltes, eine Bildung von Traubenzucker eine Analyse herbeiführen mußte. Jede Änderung der Konzentrationsdifferenzen mußte eben die Richtung des Stromes ändern.

Wir begreifen ferner, wie Temperaturerhöhungen die Wirkung der organischen Fermente beeinflussen, denn sie führen die Eiweiße

in den unlöslichen koagulierten Zustand über, und aus Eiweißen müssen die Membranen der organischen Blasen, die wir Fermente nennen, bestehen. Ebenso sind die Gifte, welche die Wirkung der Fermente hemmen, solche, welche die Natur der Eiweißkörper angreifen. Sind wir nun so weit gekommen, so fragen wir, ob denn die Natur der Gerinnungsfermente, des Fibrinfermentes, des Labfermentes gar nicht in diesen Rahmen hineinpaßt? Es wird bei der Gerinnung des Blutes das Fibrin in fester Form ausgeschieden, und das scheint mit der Osmose doch gar nichts zu tun zu haben. Freilich diese festen Ausscheidungen diffundieren nicht, aber die Untersuchung hat ergeben, daß das Zustandekommen der Gerinnung in beiden Fällen an das Vorhandensein von Kalk gebunden ist. Wenn man den Kalk aus dem Blute oder aus der Milch wegnimmt, so kommt es nicht zur Gerinnung trotz dem Zusatz des Fermentes. Sowie dann wieder Kalksalze zugesetzt werden, vollzieht sich bei Anwesenheit der Fermente die Gerinnung sofort. Die Kalksalze müssen in dem Blute, in der Milch irgendwo vorhanden sein, und das Ferment nimmt sie da, wo sie sich befanden, weg, um sie wo anders zuzufügen, und das bewirkt die Ausscheidung. Wohl bemerkt, weder die Entziehung von Kalksalzen noch das Hinzufügen von Kalksalzen an sich bewirkt die Gerinnung. Das ausgeschiedene Fibrin oder Kasein ist nicht reicher an Kalk als das Blut oder die Milch vorher daran war. Aber doch ist der Kalk notwendig für die Wirksamkeit des Fermentes. Und nur wenn die Umstellung des Kalkes durch das Ferment geschieht, ist sie wirksam. Denkt man sich das Ferment wieder in Gestalt solcher Blasen, wie wir das vorhin angenommen, so kann die Trennung des Kalkes aus der Gruppe, in der er sich ursprünglich befindet, dadurch geschehen, daß die Verbindung desselben wie ein Elektrolyt zerfällt und das Ca als freiwerdendes Ion in die Blase hineindiffundiert. Im Innern der Blase muß es dann mit etwas Neuem zusammentreffen, mit dem es sich wieder verbindet und gleichzeitig muß unter dem Einfluß des entstehenden elektrischen Stromes eine eigentümliche Umordnung stattfinden, die dann zur Ausscheidung des Gerinnungsproduktes führt.

6. Die Veränderlichkeit des Organismus.

In den seitherigen Betrachtungen haben wir den Stoffwechsel des Organismus als das Mittel angesehen, durch das er sich den Kräften seiner Umgebung gegenüber erhält. Die Kalorien, die er entwickelt aus den Nahrungsmitteln, dienen ihm im Kampf mit den auf ihn wirkenden Kräfte. Sind diese Kräfte wirklich alle Kräfte der Umgebung und kämpft er mit allen? Gibt es nicht auch Kräfte, denen er gewissermaßen angepaßt ist, die sein Leben selbst beeinflussen? Durch die Beobachtung des Frosches, sowohl durch die mikroskopische Beobachtung einzelner Organe wie der Leber, der Milz, wie durch den Vergleich des Gewichtes seiner Organe und durch den Vergleich der Zahlen seiner Blutkörperchen bin ich darauf geführt worden, daß der Organismus regelmäßigen Veränderungen unterliegt.[1]) Gerade beim Frosche in seinem Blute am deutlichsten, aber auch bei anderen Tieren zeigt es sich, daß diese Veränderungen periodische sind.[2]) Die Perioden aber stimmen überein mit den kosmischen Perioden. Wir haben eine Tages-, eine Monats-, eine Jahresperiode. In den kosmischen Perioden haben wir die Wirkung kosmischer Kräfte, die ein Maximum und ein Minimum haben. Wir unterscheiden so eine Periode des Lichts, der Elektrizität, der Wärme, Perioden, die sich untereinander wieder beeinflussen, die sich aber für sich auch deutlich erkennen lassen. Wo wir die gleiche Periodizität haben, dürfen wir auch die gleichen Grundkräfte annehmen, lehren uns die Mathematiker. So würden die kosmischen Kräfte des Lichtes, der Wärme, der Elektrizität die Veränderungen in den Zellen der Tiere bewirken, eine Annahme, die, wenn wir die Tiere mit den Pflanzen vergleichen, wenn wir auf die vielen bereits bekannten Erscheinungen in der Tierwelt, wie z. B. den Heliotropismus hinblicken, naheliegend erscheinen. Bei dem Frosche enthüllte sich nun auch der Sinn der Veränderung, die in den Zellen vor sich ging. Der Frosch laicht nur einmal im Jahr, er scheidet nur einmal seine Geschlechtsprodukte aus; diese Zeit war aber jedesmal der Wendepunkt der Veränderungen in den Zellen, nach ihr trat der Organismus wieder in den Anfangszustand zurück.

[1]) Gaule, J., Die Veränderungen des Froschorganismus während d. Jahres. Pfl. Arch. 87, 1901.

[2]) Gaule, J. Über den period. Ablauf d. Lebens. Pfl. Arch. 87, 1901.

Es ist also die Bildung der Geschlechtsprodukte gewissermaßen der Wendepunkt in den Veränderungen, die im Laufe des Jahres den Organismus durchlaufen. Zweierlei sind demnach die Einflüsse auf den Stoffwechsel, zweierlei Art die Kräfte, die an den Organismus anpochen. Mit den einen kämpft er, das sind die Kräfte, die wir als die der Umgebung bezeichnen wollen, die anderen beherrschen ihn, sie wirken überall in der Welt, wir wollen sie als die kosmischen bezeichnen. Die letzteren sind nicht ohne Einfluß auf die ersteren, um so mehr die Prozesse, die von ihnen in dem Organismus angeregt werden. Nicht in allen Perioden, die der Bildung der Geschlechtsprodukte zugrunde liegen, finden wir den Frosch gleich kräftig, gleich lustig, gleich energisch. An der Hand der seitherigen Betrachtungen können wir das gut verstehen. Die Kraftentwickelung beruht auf einer Zersetzung, die in den Zellen vor sich geht, auf Grund von Organisationen, die in den Zellen gefunden werden. Damit sie erfolgen können, müssen die Stoffe in den Zellen sich finden, diese müssen sich laden können. Sie laden sich aber von den Säften aus, durch die Osmose, und diese folgt dem Konzentrationsgefälle. Wäre der Inhalt der Zelle immer derselbe, so müßte sich dieses Gefälle zwischen Säften und Zellen bald ausgleichen. Aber die kosmischen Kräfte wirken unaufhörlich und so wird dieser Inhalt und damit das Gefälle sich fortwährend erneuern. So wird die Zelle immer aufs neue geladen. Aber nicht stets in derselben Weise, denn die kosmischen Kräfte unterliegen Perioden, und in jeder Periode wird die Ladung eine andere sein. So lange der Organismus nun in die Welt seiner Umgebung eingepaßt ist, wird sich in ihm vollziehen, was sich in anderen lebenden Wesen auch vollzieht. Die gleiche Periode besteht für alle, es ist für sein Leben keine Gefahr vorhanden. Wohl aber tritt die ein, wenn es in ein anderes Klima, unter andere kosmische Kräfte versetzt wird, da zeigt sich der Unterschied seines Stoffwechsels gegenüber dem seiner Umgebung.

---

7. Trophische Störungen.

In den Zellen also zerlegen die kosmischen Kräfte die Zellbestandteile und machen die Zellen bereit, aus den Säften neue Nahrungsstoffe zu empfangen. In den Zellen entstehen bei der Zer-

legung jene Atomgruppen, welche diese Nahrungsstoffe angreifbar für den Sauerstoff machen und welche zur Entwickelung der Spannkräfte führen, wenn hierfür sich die Notwendigkeit ergibt. In der Regel erfahren wir von diesem Vorgang wenig. Eine genauere Untersuchung der Zellen ergab, daß sie nicht in allen Zeiten sich gleich verhalten, das Tier als Ganzes aber zeigt wenig Unterschied, denn der Verkleinerung der Zellen des einen Gewebes hält die Vergrößerung derjenigen eines anderen das Gleichgewicht. Mit der Veränderung des Inhalts der Zellen ist freilich auch eine Veränderung in der Angreifbarkeit behufs Entwickelung der Kräfte verbunden, und wenn solche in den Nerven, in den Muskeln, in den Drüsen sich zeigen, so muß sich das im Verhalten des Tieres gegenüber seiner Umgebung geltend machen. Wir merken das unter Umständen auch, wir sagen ein Tier ist faul, ist scheu, ist unlustig und verkriecht sich. Im Ganzen aber entspricht doch die Beobachtung nicht dem Befund. Es sind ja die kosmischen Kräfte, welche die Veränderung hervorbringen, und an diese kosmischen Kräfte, welche die Welt beherrschen, muß das Leben der Tiere angepaßt sein. Gerade wenn die kosmischen Kräfte den Inhalt von Zellen zerlegen, welche es zum Kampfe mit der Umgebung brauchen würde, muß die Umgebung den Anspruch an einen solchen Kampf nicht stellen, sonst könnte die Existenz nicht erhalten werden. Der Experimentator indessen ist eine Erscheinung, an die die Existenz nicht angepaßt ist. Mitunter macht er Experimente, die diesen Vorgang in den Zellen bloßlegen. Wenn diese Experimente genügend rasch und plötzlich geschehen, so daß der Organismus nicht Zeit hat, sich gewissermaßen vorzubereiten und den Vorgang in den Zellen fallen zu lassen, so treten eigentümliche Störungen auf. Wie läßt er ihn fallen? Ja in dem lebenden Organismus ist doch immer ein Vorgang an den anderen gebunden, fehlt der eine, so fallen die Bedingungen für den anderen dafür.

Die ersten Störungen, welche so beobachtet wurden, waren Veränderungen an der Hornhaut von Kaninchen,[1]) welchen man mit einem raschen Schnitt durch ein besonderes Instrument das Ganglion Gasseri durchschnitten hatte. Eine Entzündung folgte, deren

[1]) Gaule, J., Der Einfluß des Trigeminus auf die Hornhaut. Zentralbl. f. Phys. 1891, 15.

Ursache nicht die Unempfindlichkeit des Auges war, denn sie trat nicht ein, wenn nur der Ast des Trigeminus durchschnitten war, sondern sie erfolgte nur auf die Verletzung des Ganglions hin. Man hat über diese Entzündung viel gestritten, ich habe schon früher mich dafür ausgesprochen, daß sie wirklich eine trophische sei. Daß man sie nicht in allen Fällen erhielt, ist wahrscheinlich drei verschiedenen Ursachen zuzuschreiben.[1]) 1. Hat man die Umgebungskräfte ganz von der Wirkung auf die Hornhaut ausgeschlossen. Man hat dabei nicht bedacht, daß es diese Kräfte allein sein können, welche die Hornhaut zerstören und daß die normale Hornhaut sich eben dadurch unterscheidet, daß sie diesen Kräften Widerstand leistet, während die des verletzten Tieres es nicht tut. 2. Muß man das Experiment genügend rasch und unerwartet ausführen. 3. Muß man Kaninchen von einem gewissen Alter für das Experiment verwenden. Untersucht man ein solches Auge, bevor die äußeren Kräfte Zeit hatten, es zu zerstören, so entdeckt man als ursprüngliche Veränderungen, die sich unmittelbar an den Schnitt anschließen 1. Gruben in den Epithel, die von einer Art Verhornung der oberen Schichten desselben herrühren; 2. Gerinnung der Lymphe in der vorderen Augenkammer; 3. häufig, jedoch nicht immer, Zellteilungen in der untersten Schicht des Epithels. Lassen wir 3, das auch anderen Ursachen seine Entstehung verdanken kann, beiseite, so haben wir den Verhornungs- und Gerinnungsprozeß in und unter der Hornhaut. Beides sind chemische Prozesse, deren Chemie wir freilich noch nicht kennen. Nur eins wissen wir, daß zu der Gerinnung Kalk gehört. In Blut oder Milch, in denen man die Gerinnung verhinderte durch Ausfällen des Kalkes, tritt nach Wiederhinzufügen von Kalk die Gerinnung plötzlich ein. An diese Bedeutung des Kalkes wurde ich erinnert, als ich andere trophische Störung in den Muskeln wahrnahm. In den Muskeln Biceps Brachii und Psoas[2]) bilden sich eigentümliche Gräben, in denen die Muskelfasern zerrissen sind, nachdem man das Ganglion cervicale infimum des Sympathikus auf der gleichen oder der gekreuzten Seite gereizt hat. Diese Gräben werden

[1]) Gaule, J., Zur Frage über die troph. Funktionen des Trigeminus. Zentralbl. f. Phys. 1892, 13.

[2]) Gaule, J., Der trophische Einfluß der Sympathicus-Ganglien auf die Muskeln. Zentralbl. f. Phys. 1893, 7.

von Wällen umgeben, und in den Schollen, die die letzteren bilden, findet sich eine eigentümliche Kalkverbindung, die die chemische Untersuchung nachwies. In jedem dieser beiden Experimente war nach einem nervösen Eingriff der Kalk in Geweben plötzlich aufgetaucht, wo er sich vorher nicht fand. Woher kam er? Auf den Einfluß der kosmischen Kräfte hierbei stieß ich zuerst, als ich die Erfahrung machte, als der Muskel von Kaninchen, die dem Experiment unterworfen worden waren, an der Stelle, wo der Graben aufzutreten pflegte, bloß eine gewisse Rötung zeigte. Am folgenden Morgen aber, ohne daß irgendein neues Experiment hinzutrat, oder ein sonstiger Eingriff, der dazu hätte Veranlassung geben können, war der Graben da mit den Wällen zu beiden Seiten und dem Kalk darin. Die kosmischen Kräfte der Nacht hatten also bewirkt, daß der Kalk losgelöst aus einer Verbindung, in der er sich vorher befand, und in der er unsichtbar war, jetzt sichtbar vor Augen trat. Und nun hatte er sich unter dem Einfluß der Reste der Veränderungen, die von dem Experimente herrührten, aufs neue in einer anderen Form niedergeschlagen. Wie wenig aber das Experiment selbst in seinen Umständen charakteristisch war, lernte ich bald darauf, indem ich entdeckte, daß auch ohne Experiment, allerdings seltener, solche Gräben in Psoas und Biceps auftreten können. Es handelt sich einfach um einen Konflikt zwischen Kräften der Umgebung und kosmischen Kräften. Dieser Konflikt ist selten, denn in der Nacht, wo die kosmische Kraft wirkt, ruhen die Kräfte der Umgebung in der Regel. Und die Bedingungen für die Wirkung der kosmischen Kräfte sind nicht immer dieselben. Bald fiel es mir auf, wie in gewissen Jahreszeiten während einiger Monate diese trophischen Störungen sich häuften, während sie in anderen ganz fehlten. Ich mußte an die Veränderungen des Organismus denken, von denen ich im vorigen Kapitel sprach. Es zieht sich durch das ganze Jahr hindurch eine Kette von Wirkungen der kosmischen Kräfte, die den Organismus umbilden, und zu einer bestimmten Zeit haben sie gerade den Gipfelpunkt erreicht, der zu einem Zerfall in denjenigen Zellen führt, die auch durch die Kräfte der Umgebung in

[1]) Gaule, J., Neues von den trophischen Kräften des Organismus. Pfl. Arch. 87, 1901.

Anspruch genommen werden können. Wie diese Umbildung alle Gewebe des Körpers ergreift, sah ich dann weiter, als ich die Kaninchen mehr und mehr in den Kreis meiner Beobachtungen hineinzog. Nicht bloß auf Biceps und Psoas beschränkt sich das Vorkommen dieser Gräben, an anderen Muskeln, selbst am Zwerchfell bemerkte ich sie. Klein und übersichtlich erscheinen sie am Hautmuskel, da entdeckt man denn weiter, daß durch jeden solchen Graben ein markhaltiger Nerv läuft, und dieser hat innerhalb des Grabens auf einer kurzen Strecke diejenigen Elemente seiner Markscheide verloren, die sich mit Osmiumsäure schwärzen und ihr die Form geben, vor allem also das Lecithin. Das ist ein neues chemisches Faktum bei diesen trophischen Störungen. Ferner bemerkt man innerhalb des Grabens ein Blutgefäß, welches an einer Stelle stark erweitert, hinter einem sich dazwischenschiebenden halbmondförmigen Gebilde aber verengt ist. Es ist dasselbe Bild, wie wenn in einer Vene, und um solche handelt es sich hier, eine Klappe den sich rückwärts wendenden Blutstrom aufhält. Noch andere Gewebe als die Muskeln bezeugen also die Veränderungen, und was ich im vorigen Kapitel erwähnte, es ist nicht bloß eine, es ist eine ganze Schar derselben, die durch den Organismus hindurchzieht. Hat diese Bildung auch mit diesen Veränderungen etwas zu tun? Als ich auf diesen Gedanken kam, unterwarf ich alle Kaninchen, die dieselbe zeigten, einer Prüfung. Alle waren ihrem Gewichte, ihrem Alter, dem Zustande ihrer Geschlechtsorgane nach bereits reif oder bereits fähig für die Ausübung der geschlechtlichen Funktionen, alle aber zeigten, als ich ihre Epiphysen untersuchte, daß die Grenze noch nicht ganz verknöchert war. Alle waren also auch noch im Wachstum begriffen, sie waren an der Grenze zweier Zustände, des Wachstums und der Bildung der Geschlechtsprodukte, und sie zeigten vielleicht die trophischen Störungen gerade deshalb, weil zweierlei in ihnen miteinander stritt. Einmal müssen ja die Änderungen sich verketten, die aus der Nahrung das Material für den Aufbau des Organismus bereitet und diesen selbst vergrößert, und das andere Mal entsteht die Kette, die aus den Bestandteilen des Organismus die der Geschlechtsprodukte bildet.

8. Die beiden Wege.

Rasch hebt sich auf Grund der seitherigen Erfahrungen eine Schlußfolgerung für uns ab, nämlich die: Die Nahrungsstoffe, nachdem sie vorbereitet, d. h. zerschlagen in kleinere Atomgruppen in das Blut hineingelangen, werden durch Osmose von hier aus in die verschiedenen Zellen übergehen. Jede Zelle wählt durch die Membran, die sie umgibt, solche Gruppen aus, die sie für ihren Aufbau brauchen kann. In der Zelle aber findet unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte nicht bloß eine Synthese, sondern auch eine Analyse der Bestandteile der Zellen statt, denn jede kosmische Kraft hat zwei Phasen. Wenn aber die Bestandteile zerschlagen werden, dann kommt auch wieder eine Periode, in der die Spaltlinge in größerer Konzentration in der Zelle vorhanden sind, als im Blut und dann kehren sie ins Blut zurück. Was wird aus ihnen dann? Es zieht sich durch den ganzen Organismus ein ihn ändernder Prozeß, der der Bildung der Geschlechtsprodukte. Was in einer Zeitperiode Bestandteil einer Zelle war, das kann in einer anderen Zeitperiode Bestandteil einer anderen Zelle werden. Es ist an das Blut zurückgegangen; jetzt ist in einer anderen Zelle eine Synthese entstanden, in deren Verlauf es in diese hineinrückt. Das geschieht nicht, ohne daß es verschiedene Veränderungen erlitten hat. Denn immer steht während dieser Zeit der Organismus unter dem Einfluß der äußeren Kräfte der Umgebung und des Sauerstoffes der Luft. Kraftentwickelung und Oxydationen, Abspaltungen von Kohlensäure und Wasser, Ringbildungen und Platzen der Ringe unter Hydrierung, begleiten diese Wanderung durch die Zellen. Und vor allem auch Paarungen mit anderen Stoffen, die sie in den Säften oder in den Zellen antreffen. Diese Paarungen, diese Veränderungen sind es, welche sie zur Aufnahme in immer neue Zellen geeignet machen. Und die Stoffe, die sie in den Zellen treffen, mit denen sie sich dort verbinden, machen sie eben geeignet für die Veränderung und Kraftentwickelung. Das Ganze ist eine lange Kette, wenige von den Bestandteilen der Nahrung bleiben schließlich übrig, so daß sie die Kette völlig bis zur Bildung der Geschlechtsprodukte durchmachen. Das meiste geht unterwegs

als sich ausscheidende Kohlensäure oder Harnstoff oder Schwefelsäure oder Wasser oder Phosphorsäure verloren. Wie das alles zusammenhängt, zeigen die trophischen Störungen dann, wenn die ganze Kette in Unordnung gerät. Noch dürfen wir nicht erwarten, diese Kette zu entrollen. Viel zu wenig enthüllt ja die Analyse; viel zu wenig wissen wir von dem chemischen Zusammenhang, ja nur von der chemischen Konstitution der in Betracht kommenden Körper. Aber wenn wir die trophischen Störungen als Wegweiser nehmen wollen, um etwas mehr über diese Kette zu erfahren, so müssen wir vor allen Dingen über den Moment sicher sein, in dem sie in Unordnung gerät. Ich habe im vorigen Kapitel gesagt, es gäbe im Grunde zwei solcher Ketten, die den Organismus durchziehen. Diese beiden Ketten treffen in der Regel nicht zusammen, wo sie aber ausnahmsweise sich kreuzen, da stören sie sich. Diese Ketten sind Wachstum einerseits und Bildung fertiger Geschlechtsprodukte andererseits. Ich sage fertiger Geschlechtsprodukte, weil ein Unterschied darin liegt, gegenüber den schon früh gebildeten. Nun sind, wie ich schon sagte, die Endglieder der ganzen Kette, die den Organismus durchzieht, die Geschlechtsprodukte. Alles was in sie übergeht, hat den Organismus ganz durchwandert, ist also in allen Zellen desselben gewesen. Ursprünglich wanderte die Nahrung in die Zellen hinein, wenn sie darin verändert worden ist, geht sie in die Geschlechtszellen über. So lange der Organismus wächst, aber hat diese Wanderung noch eine andere Art von Ende, nämlich in den neuen Zellen, welche zur Vergrößerung des Organismus dienen. Auch diese müssen ja in einem bestimmten Verhältnis stehen zu den schon vorhandenen, sie sind nicht einfach angesetzt. Um nur ein Beispiel zu erwähnen, die Akromegalie zeigt, welche merkwürdige Beziehungen, die auf solche Durchwanderungen zurückzuführen sind, dabei zwischen verschiedenen Organen wie der Hypophysis und den Knochen existieren. Wie kommen die beiden verschiedenen Ketten dazu, sich zu stören? Wie das Wachstum, unterliegen auch die Geschlechtszellen den kosmischen Kräften. Auch ihr Inhalt wird aufgebaut und abgebaut. Wägungen der Geschlechtsorgane haben große Gewichtsschwankungen in kurzen Perioden ergeben. Wenn dieselben abgebaut werden, so unterliegt das Material demselben Gesetz, von dem ich schon sprach, es kehrt in das Blut zurück, um in die Zellen des Organismus überzugehen.

Bei den noch wachsenden Tieren aber trifft es im Blute die Stoffe, die für den Aufbau neuer Zellen bestimmt sind.

Zwischen dem, was hier zusammentrifft, besteht ein merkwürdiger Gegensatz. Was Bestandteil der Geschlechtszellen geworden ist, das hat jene eigentümliche Scheidung durchgemacht, welche wir chemisch genommen als die Trennung der Eiweißkörper und der Nukleine im allgemeinen bezeichnen können. Was den Organismus aufbaut, ist nach einem ganz anderen Prinzip getrennt. Männliche und weibliche Organismen sind einander ja sehr ähnlich, männliche und weibliche Geschlechtsprodukte dagegen sind verschieden. In den Organismen aber findet die Trennung der Gewebe, vor allem der Repräsentanten der verschiedenen Keimblätter statt. Das Zusammentreffen dieser verschiedenen Arten von Stoffen, d. h. der Stoffe, die nach verschiedenen Prinzipien, nach Prinzipien, die nicht dem Aufbau der Formen entsprechen, welche die Organismen zusammensetzen, getrennt sind, ist es, welche wahrscheinlich die trophische Störung verursacht. Wir sehen das am deutlichsten am Kalk. Nicht umsonst ist er es, welcher durch seine Ablagerung an der Epiphysengrenze das Wachstum begrenzt und die Geschlechtsreife eröffnet. Er ist es auch, welcher bei diesen Störungen in neuen Verbindungen auftritt, welche die Integrität der Gewebe zerstören.

III. Abschnitt.

Histologische Analyse.

I. Das mikroskopische Bild.

Wir gehen davon aus, daß es in sehr vielen Fällen keinen Unterschied macht, ob man einem eben getöteten Tier oder einem noch lebenden, z. B. einem Frosch ein Stück eines Organs entnimmt und davon mikroskopische Präparate anfertigt. Der Tod macht keinen Unterschied in den Befunden, die man zu verzeichnen hat. Man kann also die Organisationen, die das Mikroskop enthüllt, auf das Leben beziehen. Nach den Regeln der besten Technik, die uns zu Gebote stehen, werden nun Präparate angefertigt. Was zeigen dieselben?

Besprechen wir zuerst einmal die Frage, inwiefern diese Technik die Verhältnisse, die im lebenden Wesen stattfinden, wirklich zeigt. Da hat man zunächst die Erhärtungsmittel. Man muß, um deren Wirkung zu studieren sich auf die Stoffe besinnen, die sie in den Zellen antreffen. Da sind vor allem die Kohlenhydrate. Sie können in wässerigen Flüssigkeiten gelöst werden, aber das Glykogen wird durch den Alkohol ausgefällt. So wird man von ihm in den Präparaten erhalten, so viel noch da ist, wenn der Alkohol zur Wirkung kommt. Da wo viel Glykogen in den Zellen sich findet, wie in der Leber z. B. wird sich das bei rascher Behandlung bemerkbar genug machen. Glykogen aber ist für das mikroskopische Bild das wichtigste Kohlenhydrat. Was die Eiweißkörper betrifft, so sind alle üblichen Erhärtungsmittel mit Ausnahme der Osmiumsäure wesentlich für sie berechnet. Die

eigentlichen Eiweißkörper werden auch von allen gut ausgefällt, die Peptone und Albumosen dagegen von der Salpetersäure z. B. nicht, wohl aber von Sublimat und Pikrinsäure. Das kann einen recht erheblichen Unterschied in dem mikroskopischen Bild verursachen. Die Fette werden von der Osmiumsäure in einen in den weiteren Behandlungsmitteln unlöslichen Zustand übertragen, dagegen werden sie von absolutem Alkohol oder bei der nachfolgenden Einbettung in Paraffin gelöst. Da hilft es nun, daß die Fette sich zum großen Teil mit den von Wasser durchdrängten übrigen Bestandteilen der Zelle nicht mischen. Der Raum, in dem sie sich befanden, wird daher nicht von diesen, sondern von dem Mittel, das sie löste und wegnahm, eingenommen. So entsteht doch ein verständliches Bild, das über ihre Menge und den Ort, wo sie in der Zelle sich fanden, Auskunft gibt. Die anorganischen Bestandteile endlich scheiden sich in zwei Klassen, die in Wasser löslichen und die darin unlöslichen. Die ersteren verschwinden, die letzteren nicht, und damit sind die für die Gestalt wichtigsten erhalten. Der Alkohol löst keine von beiden. Fast hätte ich die Nukleine vergessen. Sie sind glücklicherweise sowohl in den wässerigen wie in den alkoholischen und fettigen Medien, mit denen die Zelle behandelt wird, unlöslich, so bleiben sie dem mikroskopischen Bilde am leichtesten erhalten, was für die Geschichte der Erkenntnis der Zelle von großer Wichtigkeit war. Man darf nun auch die Größenverhältnisse nicht aus dem Gesichte lassen. Von Wichtigkeit ist es, daß die Gestalt der Zelle gleich so durch das Erhärtungsmittel fixiert wird, daß die nachfolgenden osmotischen Vorgänge hieran nichts mehr ändern können. Wenn ich sage Gestalt der Zelle, so meine ich auch Gestalt ihrer Teile. Nicht wenige Unsicherheit ist dadurch entstanden, daß die Osmose das Hinein- oder Hinausdringen des Wassers, die Größenverhältnisse dieser Teile in dem mikroskopischen Bilde verändert hat. Das schließt nicht aus, daß die Einwirkung der Behandlung die Größe im ganzen ändert. Wenn das angewendete Erhärtungsmittel alle Teile gleichmäßig in einen festen, widerstandleistenden Zustand überführt, wird auch die Größenänderung überall dieselbe sein, und man wird sie ein für allemal bestimmen können. Sie beträgt an den Präparaten, die wir zunächst unserer Betrachtung zugrunde legen wollen, etwa ein Drittel der ursprünglichen Größe, ein Drittel im

Sinne der Verminderung. Es sind dies die Präparate Ogatas[1]) von der Pankreaszelle. Was für Teile, was für Substanzen unterscheiden wir in einer solchen Zelle. Farben und Formen lehrt uns das Mikroskop erkennen. Die einen helfen den anderen. Nicht bloß, um uns die Formen leichter sichtbar zu machen, dienen die Farbstoffe, die wir auf die Präparate einwirken lassen, sie lassen uns auch chemische Unterschiede erkennen zwischen den Substanzen, die sie aufnehmen. Nun unterscheiden wir in der Pankreaszelle, wenn wir den Angaben Ogatas folgen, zunächst der Form nach drei Teile. Zuerst den Zellenleib, der die ganze Zelle umfaßt. In diese eingebettet, aber mehr nach dem von dem Ausführungsgange abgewendeten Teile der Zelle zu gelegen, erscheint der Kern rund, im Gegensatz zu dem Zellenleib, der auf dem Querschnitt viereckig begrenzt wird. Die Rundung des Kerns ist aber die eines Ovales, nicht eines Kreises. In dem Kern befindet sich ein großes eckiges Körperchen, das wir mit Ogata als Plasmosoma bezeichnen. Alle drei Teile unterscheiden sich durch ihre Färbung voneinander. Diese Färbung ist jedoch keine einheitliche, sie läßt in den beiden ersten Teilen wieder eine Differenzierung erkennen. Der Zellenleib enthält nämlich eine Anzahl körniger Gebilde, die sich, mit Eosin gefärbt, herausheben aus den Fäden einer anderen Substanz, die den Farbstoff Nigrosin angenommen hat. Ogata nennt diese Körner Zymogenkörner, wegen ihrer Beziehung zu den wirksamen Bestandteilen des Pankreassekretes. Im Kern dagegen haben wir eine unfärbbare Substanz, welche von Spalten durchzogen und umgeben ist. In diesen Spalten liegt die färbbare Substanz des Kerns. Wir sprechen von derjenigen, welche in der Spalte liegt, die den Kern umgibt, als der Kernmembran, von denjenigen, welche den Kern durchziehen, als den Kernfäden. Wir nennen diese sich färbende Substanz des Kerns auch das Chromatin und sprechen sie auch chemisch an, als das Nuklein, weil dieses Nuklein sich chemisch überall feststellen läßt, wo wir eine ähnliche Färbbarkeit treffen. Das Plasmosoma nun, innerhalb des Kerns gelegen in einer solchen Spalte färbt sich wieder anders, es nimmt die Farbstoffe auf, welche die Kerne der Blutkörperchen, unter Umständen diese letzteren selbst färben, z. B. das Safranin.

[1]) M. Ogata, Die Veränderungen der Pankreas bei der Sekretion. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. 1883.

Wollen wir uns nun Rechenschaft geben über die Bestandteile der Zelle, so haben wir in dem Zellenleib und dem Zellkern einen deutlichen Gegensatz zwischen einer unfärbbaren Substanz, die die eigentliche Gestalt bestimmt, und der färbbaren. Ich will die erstere einmal als Grundsubstanz bezeichnen, ich könnte auch Gerüstsubstanz sagen. Die färbbaren Substanzen lassen sich teilweise extrahieren, und ihre organische Natur läßt sich dann feststellen. Sie stehen in einem gewissen Gegensatz zu den unfärbbaren. Diese unfärbbaren sind nicht extrahierbar, aber sie sind durch Osmose leicht veränderlich. Wenn Kern und Zellenleib solche Grundsubstanzen haben, so müssen wir auch in dem eine eigene Form bildenden Plasmosoma eine solche annehmen. Unter den färbbaren Substanzen haben wir dann im Zellenleib zweierlei, die Körnchen und die Fäden. Wir bezeichnen die letzteren auch wohl als das Protoplasma, die Körnchen als Einlagerungen oder Paraplasma. Endlich läßt uns das Mikroskop noch deutlich erkennen eine Membran, die die ganze Zelle umgibt und freilich auf dem Querschnitt nur als eine einfache Kontur erscheint. So hätten wir denn neun, und wenn wir annehmen, wie es uns die chemischen Analysen erkennen lassen, daß in den Kernen außer dem Nuklein Eiweißkörper vorhanden sind, die wir Histone nennen, zehn verschiedene Teile in den Zellen erkannt. Das mikroskopische Bild zeigt uns noch weiter, wie diese Zellen mit ihrer Innenseite den Ausführungsgang umlagern, an den beiden Seiten des Querschnitts an Nachbarzellen anstoßen, durch die Hüllen von diesen getrennt; an der vierten Seite endlich lagern sie sich der Wandung des Drüsenläppchens, des Acinus oder Tubulus an. An dieser Seite sind sie zugänglich dem Zutritt von Stoffen von außen her, während sie an der inneren Seite Stoffe abgeben können.

---

2. Änderungen des mikroskopischen Bildes.

Nicht immer bieten die Zellen dieser Drüsen den geschilderten Anblick an. Schon längere Zeit unterscheidet man zwischen dem Bilde der tätigen und der ruhenden Drüse. In der tätigen Drüse fehlen die Zymogenkörnchen in dem Zellenleib, die Zelle ist klein

geworden. Sie hat eben die Zymogenkörnchen an das Sekret abgegeben, und noch oft verrät die unregelmäßige Begrenzung gegen den Ausführungsgang hin die Art, wie die Zellmembran hierbei geplatzt ist und der Inhalt sich in den Gang ergossen hat. Das macht uns gleich etwas nachdenken. Wenn die Zelle ihre Gestalt und Größe veränderte, so kann das, was wir vorhin die Grundsubstanz nannten, bei diesem Erguß der Zymogenkörnchen nicht unbeteiligt geblieben sein. Wenn wir uns aus dem vorigen Kapitel erinnern, wie die Zymogenkörnchen als Einlagerungen in die organische Substanz des Protoplasmas erschienen, wenn wir im voraus weiter der physiologischen Analyse entnehmen, wie das, was die Zymose eigentlich leistet, auf der Oberflächenwirkung beruhe, so erscheint es uns auch ganz verständlich, wie die Grundsubstanz sich an der Bildung beteilige. Sie kann nicht gelöst werden, auch im Sekret nicht, wohl aber kann sie maßlos aufquellen.

Wie wird nun die so den Zellen verloren gehende Grundsubstanz ersetzt? Davon hat uns wieder Ogata eine Anschauung gegeben. Es ist das Plasmosoma, welches aus dem Kern auswandert, sich vergrößert und entweder innerhalb der alten Zelle neue Zymogenkörner oder eine neue Zelle bildet. Was treibt das Plasmosoma aus dem Kern heraus? Offenbar sind es osmotische Strömungen, die es an seiner ursprünglichen Stelle nicht mehr leiden. Damit diese osmotischen Strömungen, die es doch vorher in Ruhe ließen, jetzt sich geltend machen, muß es selbst sich geändert haben. Das ist auch notwendig, wenn es die neue Grundsubstanz liefern soll, denn die des ursprünglichen Plasmosoma im Kern ist doch eine andere als die im Zellenleib *außerhalb des Kerns*. Nur eine gewisse Ähnlichkeit mag existieren, eine Ähnlichkeit, die dem eingreifenden Faktor die Möglichkeit verlieh, diese Änderung und damit die Auswanderung des Plasmosoma herbeizuführen. Es ist der Nerv, welcher eingreift. Als Ogata mit einem eigentümlichen Stichelapparat die Medulla oblongata reizte, schwoll auf einmal die Zahl der erkennbaren Plasmosomen an, und ihre Auswanderung begann. Der Nerv, welcher die medulla oblongata mit dem Pankreas verbindet, erregt durch die Reizung seines Ursprungs, führt von da den Plasmosomen Stoffe zu, die ihre Zusammensetzung verändern. Neue Osmose, die Auswanderung, die Bildung neuer Grundsubstanz unter Auflösung des Plasmosoma

ist die Folge. Zymogenkörner aber bestehen nicht bloß aus Grundsubstanz. Sollen sie, oder gar eine neue Zelle entwickelt werden, so ist die Zufuhr organischer Substanzen notwendig. Die erfolgt dann vom Blut aus. Nicht umsonst umspinnen die Kapillaren das Drüsenläppchen, die Osmose führt fortwährend Stoffe durch die Membran derselben in die Zelle hinein. Aus ihnen bauen sich allmählich die Zymogenkörner und die neue Zelle wieder auf. So lernen wir die Drüsenzelle an der Hand dieser Veränderungen in einer doppelten Eigenschaft kennen. Einmal als eigentümlichen Apparat, der aus seinen Teilen die wirksamen Stoffe im Sekret bereitet. Sodann als Teil des Organismus, dem auf zwei verschiedenen Bahnen die Stoffe zugeführt werden, deren er zur Leistung bedarf. Auf *zwei verschiedenen* Bahnen, das erinnert uns daran, daß es bei der Bildung des Sekretes doch auch zwei verschiedene Momente gibt. Erstens einmal die Anregung zur Herstellung, die wir eben in der Auswanderung des Plasmosoma unter der Einwirkung der Nerven gefunden haben. Sodann wachsen die Zymogenkörner, die Zelle füllt sich, das ist die Wirkung der Blutbahn. Ein gewisser Grad der Osmose, der den Inhalt fortwährend anschwellen macht, muß schließlich das Platzen der Zelle und den Erguß des Sekretes zur Folge haben. Die Erfahrung, die wir der physiologischen Analyse vorausnehmen, hat dann belehrt, wie auch das Eingreifen der Blutbahn unter nervösen Einfluß gestellt ist, wie vielleicht gerade der Erguß des Fermentes von dem Reflexe abhängig gemacht wird, dann, wenn ihn der Organismus gerade braucht. So entdeckte Ludwig die Nerven, welche die Sekretion in der Drüse beherrschen, Claude Bernard diejenigen, die die Gefäße erweitern, die zu den Drüsenelementen hinführen. Wir aber werden von dieser Doppelnatur der Zellen als selbständige Arbeiter und als Teile des Organismus noch oft Gelegenheit haben zu sprechen.

3. Gewebe.

Blut und Nerven sind Gewebe, die den ganzen Organismus durchziehen. Was bedeutet denn das? Zunächst einmal, daß sie überall, oder fast überall, wo wir sie finden, dieselben sind. Ob

wir das Pankreas, wie im vorigen Kapitel, oder die Muskeln, oder die Geschlechtsdrüsen vor uns haben, wir treffen inmitten der eigentümlichen Struktur des betreffenden Organs, Blut und Nerven von überall derselben Beschaffenheit. Nicht bloß aber indem sie überall im Organismus vorhanden sind, vermitteln sie den Zusammenhang, nein, durch sie hindurch geht auch eine Wanderung, eine Wanderung, die uns beim Blute deutlicher ist als bei den Nerven. Wir sagen, das Blut strömt durch den Organismus, dieselben Teilchen, die jetzt in einem Abschnitt desselben sich befinden, gelangen im nächsten Zeitmoment in einen entfernten.

Sehen wir einmal zu, wie es sich dabei verhält. Wir unterscheiden im Blut zwei Teile, die Blutgefäße und den Inhalt derselben. Die Blutgefäße sind ein System von hohlen Röhren, in denen der Inhalt strömt. Diese Röhren haben je nach dem Abschnitt des Systems, das sie darstellen, eine etwas verschiedene Wandung. Allen gemeinschaftlich aber ist der innerste Teil, ein Mosaik aus glatten, sehr dünnen Zellen, den Endothelien. Der Inhalt der Blutgefäße aber zerfällt wieder in zwei Teile, die Blutflüssigkeit und die Blutkörperchen. Überlassen wir alle weiteren Betrachtungen über das Blut der physiologischen Analyse, so sehen wir doch schon jetzt durch den Vergleich mit dem vorigen Kapitel, wie dieser Strom von Flüssigkeit, der sich durch den Organismus wälzt, den einzelnen Organen Stoffe bringt. Woher er diese Stoffe erhält, lassen wir einstweilen dahingestellt, aber die Übertragung dieser Stoffe aus dem Blutstrom in die Zellen der Organe interessiert uns. Wir haben es da zu tun mit dem Vorgang der Osmose durch die Wandungszellen der Blutgefäße hindurch. Sodann gelangen die Stoffe in die Spalträume des Bindegewebes. Weiter geschieht dann ihre Aufnahme immer durch Osmose, wie wir im vorigen Kapitel sahen, in die Zellen der Drüse und in letzter Instanz in die Gebilde, aus denen das Sekret entsteht. Bei der Zurücklegung des ersten Teiles des Weges, durch die Blutgefäßwandung hindurch, erhalten die Schwingungen der Moleküle, welche die Osmose besorgen, noch eine Hilfe, durch die Bewegung des Blutstromes selbst. Der Druck, welcher die Moleküle oder Molekülgruppen der Blutflüssigkeit vorwärts treibt, preßt sie auch gegen die Wandung der Gefäße, namentlich wenn diese ihre Richtung ändern, und addiert sich zu ihrer eigentümlichen Bewegung auf dem Wege hindurch.

Also von dem Gewebe des Blutes empfangen die sich entwickelnden Formgebilde der Speichelzelle Stoffe, die aus einem anderen Teil des Organismus stammen. Merken wir uns zunächst, daß die Gebilde, die in der Zelle der Speicheldrüse geformt werden, zu ihrer Entstehung Stoffe brauchen, die wieder in anderen Zellen gebildet werden. Indessen, wir haben gesehen, um diese Stoffe zum Aufbau von Formen zu verwerten, bedarf es noch der Nerven. Was sind Nerven? Zweierlei Arten kennen wir, die markhaltigen und die marklosen. So wurden sie unterschieden nach der Anwesenheit einer fettartigen Substanz, die in Gestalt einer Art von Röhre die erstere Art von Nerven umgibt. Nach ihrer Anordnung, ihren Verbindungen im Organismus heißen die ersteren auch Cerebrospinalnerven, die letzteren aber sympathische. Wie Fäden sind beide Arten durch den Organismus ausgespannt, aber ihre histologische Beschaffenheit ist sehr verschieden. Die der Cerebrospinalnerven ist röhrenartig, wie ich schon sagte, mit bezug auf die ihnen eigentümliche Markscheide. Man hat sie früher den Blutgefäßen verglichen und als Schläuche angesehen, so lange man dachte, daß im Innern dieser Röhren sich eine Flüssigkeit befände. Mit Hilfe verbesserter Methoden aber korrigierte man diese Meinung dahin, daß sich im Innern der Markscheide, ein fester stäbchenartiger Körper befinde, den man Achsenzylinder nannte. Diese Erfahrung fand dann noch eine Erweiterung, als man sah, daß der Achsenzylinder selbst wieder aus einem Bündel feiner Fäden, den Nervenfibrillen bestehe. Die Markscheide umgibt dieses Bündel wie eine Art Futteral, das verhindert, daß zu dem, was sich im Innern zuträgt, etwas von außen zukommt, oder daß etwas nach außen verloren gehe. Ein eigenes Gerüst besitzt dabei dieses Futteral, ein Gerüst, welches nicht aus dem fettartigen Mark, sondern aus einem eigenen Körper, dem Neurokeratin, besteht. Nicht so bekannt, weil nicht so deutlich ausgebildet, vielleicht auch nicht so studiert, ist die Struktur der zweiten Art, der sympathischen oder marklosen Nerven. Langgestreckte, im Grunde spindel- oder faserähnliche Zellen reihen sich in ihnen an- oder nebeneinander. Man hat dieselben den Achsenzylindern der anderen Nerven verglichen und gesagt, ihnen fehle nur die Markscheide, um jenen zu gleichen. Aber das trifft nur an einzelnen Stellen zu, an anderen Stellen sind die Zellen, welche die marklosen Nerven

bilden, kernreich, wie es die Achsenzylinder nicht sind, und die einzelnen kernhaltigen Zellen sind durch eine Kittsubstanz auch in der Art verbunden, wie wir es bei den Achsenzylindern nicht treffen. In den Fäden der einen wie der anderen Art wandert nun etwas durch den Organismus hindurch. Wir bezeichnen das als eine Erregung, die wir durch einen Reiz hervorrufen können. Manche meinen, es sei nur eine Bewegung, die sich durch die Fäden fortpflanze, manche dagegen halten es auch für einen Stoff, der hier wandere. Wie dem auch sei, da wo die Erregung anlangt, verursacht sie eine Veränderung. Wir erinnern uns an den ersten Abschnitt, in dem wir erfuhren, wie die Plasmahaut des Muskels eine veränderte Permeabilität bekam, sobald die Erregung des Nerven im Muskel anlangte. Wir sahen dort, wie die Ionen in anderer Weise durch die Haut, welche die Fibrillen umhüllt, durchtraten, sobald der Muskel erregt war; wir sahen, wie sich damit die elektrischen Erscheinungen im Muskel änderten, und wir schlossen, wie die Veränderung selbst wieder zur Kontraktion des Muskels führe. Die Analogie, welche dieser Vorgang hat mit der Sekretion des Bauchspeichels, die wir im mikroskopischen Bild zu besprechen begannen, ist deutlich. Wenn die Erregung der Nerven in der Drüsenzelle angelangt ist, so ändert sich auch hier die Permeabilität der Membranen der Zelle oder der Zymogenkörner, oder beider. Aus dem Strom, den das Blut den Drüsenzellen zuführt, werden dann aber neue Stoffe aufgenommen. Dieser Strom selbst aber wird verändert, wenn die Nerven nicht bloß auf die Drüsenzellen, sondern auch auf die Gefäße wirken, wie sie bei einer Speicheldrüse, der Submaxillaris, sicher tun. Welche Ergänzung entnehmen wir diesem Kapitel zu den in dem ersten gewonnenen Anschauungen? Das erste erzählte von den Zellen, die für sich abgeschlossen, eine bestimmte Funktion in einem abgesonderten Organ ausüben. Das zweite macht uns damit bekannt, daß es im Organismus noch etwas anderes gibt, was sich nicht in ein Organ absondert, sondern alle Teile miteinander verbindet. Wir belegen dieses zweite einstweilen mit dem Namen Gewebe, wir müssen uns aber noch vorbehalten, diesen Namen zu untersuchen. Was ist das zweite eigentlich? Seine Funktion scheint in einem Gegensatz zu stehen zu der der Organzellen, denn wir sahen bereits, wie das Blut sicher, vielleicht auch der Nerv, Teile,

die einem Ort entstammen, an einen anderen Ort, an die Gebilde in den Epithelien und Drüsen abgeben, und diese dadurch verändern. Und doch bestehen Blut und Nerven teilweise wieder aus Zellen, und auch diejenigen Teile, die nicht zelliger Natur sind, verdanken ihre Entstehung Zellen. Sie vermitteln die Beziehung zwischen dem Leben des Gesamtorganismus und dem der Zellen, in einer Weise, die wir bald noch zu besprechen haben werden.

4. Zentralisation.

Die Frage, welche ich in der allgemeinen Analyse erörterte: Ist das Leben des Organismus gleich der Summe des Lebens der Zellen oder ist das Leben der Zelle nur ein unbestimmter Teil des Lebens des Individuums?, taucht jetzt wieder auf. Wie verhalten sich Leben des Organismus und Leben der Zelle zueinander? Gewiß wissen wir jetzt, es sind die verschiedenen Gewebe, welche auch bei den einfachsten Vorgängen ihre Eigenschaften vereinigen, um das, was dem Leben des Organismus dient, zu vollbringen. Von jedem Vorgang beträgt der Anteil einer Zelle nur einen winzigen Anteil, und wieder macht jeder Vorgang nur einen kleinen Bruchteil von dem Leben der Zelle aus. Das Blutgewebe, das Nervengewebe einigen alle diese kleinen Anteile zu einem Ganzen, *sie zentralisieren*. Was aber befähigt sie dazu? Sie bestehen doch auch aus Zellen, die Grundlagen ihrer Einrichtungen, ihres Lebensvorgangs müssen überall dieselben sein. Aber ist das ganz richtig? Gibt es nicht neben dem, was gleich ist, auch anderes, was verschieden ist? Und kann nicht gerade durch diese Verschiedenheit der Lebensprozeß des einen Gewebes den des anderen ergänzen? Gewisse Einrichtungen müssen gleich sein, damit überhaupt ein Leben möglich ist, und gewisse Einrichtungen müssen verschieden sein, damit die verschiedenen Teile zusammen existieren können, damit das Leben ein Zusammenleben sei. Ein Gewebe gibt an das andere ab und empfängt dazu wieder. Es produziert, was das andere Gewebe nicht produziert, und indem es dieses an das andere Gewebe abgibt, empfängt es dafür, was es für sein eigenes Leben braucht. So mag das Verhältnis zwischen Nervengewebe und Drüsengewebe und zwischen Bindegewebe und Drüsengewebe in

unserem Beispiele sein. Zu dem Aufbau der Zymogenkörner, zu ihrer Reifung und Loslösung von der Mutterzelle mögen gewisse Bestandteile gehören, die das Drüsengewebe von den Nerven und dem Bindegewebe empfängt, und andererseits werden durch die Zymogenkörner die Nahrungsbestandteile wieder in einer Weise umgewandelt, daß das Produkt der Umwandlung den Nerven, dem Bindegewebe für die Bestreitung ihres eigenen Lebens dient. Wie geschieht das? Was wird an die Drüse abgegeben, wie gestaltet sich anderseits das Leben von Nerven, von Bindegewebe? Aber während man sich dies fragt, steigt bereits die Erkenntnis auf, daß das eine ganz unvollständige Lösung der Aufgabe sein würde. Es ist ja nicht ein beliebiger Nerv, der an die Drüse etwas abgeben kann, es ist ein bestimmter Nerv für die Glandula submaxillaris, die Chorda Tympani, die zur Sekretion des Speichels anreizt. Und dieser Nerv tut es wieder nur, wenn er in bestimmter Weise von der Mund- oder Nasenschleimhaut aus erregt wird. Und diese Erregung geht hindurch durch das Zentralnervensystem. Wie sie verhalten sich unzählige andere Erregungen, die in den einzelnen Geweben den Lebenszustand ändern. Wir sehen, es muß der Gesamtorganismus in einen anderen Zustand versetzt werden, damit in den einzelnen Zellen eine Veränderung vor sich gehe. Wir müssen Appetit haben, damit uns das Wasser im Munde zusammenläuft, um bei unserem Beispiel zu bleiben. Diese Veränderung des Gesamtorganismus aber äußert sich nun auch in dem Verhältnis anderer Teile als bloß der sezernierenden Drüse, Die Blutgefäße in derselben und die zu derselben hinführenden werden weit, und dementsprechend ändert sich der Blutstrom. Entweder beteiligt sich das Herz, oder die Gefäße in anderen Organen werden entsprechend enger. Damit aber wieder ist die Funktion der anderen Organe beeinflußt. In welchem Maße das der Fall ist, sehen wir am besten an dem Beispiele eines Menschen, der lange nichts gegessen, der sehr Hunger hat, wenn er nun etwas Appetiterregendes riecht. Wie seine Nüstern sich blähen, wie seine Wangen sich röten, wie seine Muskeln sich spannen. Die ganze Gestalt scheint sich aufzurichten und der sich ankündenden Speise entgegenzukommen. So steht der ganze Organismus unter der Einwirkung eines Reizes. Wir nennen das die Wirkung der Zentralisation. Nun treten uns die Aufgaben gegenüber,

die sich aus diesem Verhalten ergeben. Eine kleine, unmeßbar kleine Veränderung findet statt an der Körperoberfläche, sie wird weitergeleitet in den sie empfangenden Nerven zum Gehirn, und nun breitet sie sich aus. All die Lebensprozesse der sich beteiligenden Gewebe werden von hier aus geändert, überallhin werden, wenn die vorhin gemachte Voraussetzung richtig ist, Bestandteile abgegeben, die zu einer Veränderung notwendig sind. In welch minimaler Menge muß das geschehen, um den Sturm anzuregen, der durch den Organismus hindurchgeht, von dem wir eben gesprochen. Und wie lawinenartig muß sich doch die Veränderung, die an der Körperperipherie entstand, vergrößert haben, um sich im Gehirn so ausbreiten zu können. Und doch ist das noch nicht das größte Rätsel. Wenn wir sagen, der ganze Organismus gerät in Aufregung, so ist das ein sehr unvollständiges Zusammenfassen dessen, was geschieht. Es ist nicht einfach der ganze Organismus, sondern die einzelnen Teile werden in einem ganz bestimmten Verhältnis zueinander in Erregung versetzt. Manche gar nicht, manche sehr stark. Wir würden uns sehr wundern, wenn wir die Organe der Knochenbildung oder der Blutbildung in analoger Weise zur Tätigkeit angeregt sehen würden, wie die Drüsen der Verdauung. Um uns das noch anschaulicher zu machen, wollen wir einmal annehmen, es handle sich um eine Bewegung. Zwei Männer sind im Kampf, sie fechten miteinander. Ihre Degenklingen berühren sich, die Muskeln beider sind gespannt, die Augen aufeinander gerichtet. Plötzlich fühlt der eine, wie der Druck der Klinge des Gegners nachläßt. Gleichzeitig sieht er, wie das Auge des anderen funkelt, wie dessen Muskeln sich spannen. Kein Zweifel, der Gegner holt zu einem Stoße aus, und von diesen Sinneseindrücken aus geht sofort der Befehl von dem Gehirn aus zu den Muskeln, diesem Stoß zu begegnen, ihn zu parieren. Die Erregung ist aufs höchste gestiegen, aber die Muskeln bewegen die Degenklinge nur um wenige Zentimeter, vielleicht gar Millimeter. Das ist genug, um die Klinge des Gegners abzulenken. Die Befehle des Gehirns, um diese kleine Resultierende zu erzielen, waren mannigfache. Die Muskeln der Hand wurden innerviert, um diese Veränderung der Lage des Degens herbeizuführen, dann die des Armes, um in der neuen Lage eine ebensolche Leichtigkeit der Handbewegung entfalten zu können

wie vorhin, und dem folgen die Muskeln des ganzen Körpers, denn es muß eine neue Gleichgewichtslage gefunden werden, aus der das Herausparieren oder Herausstoßen möglichst leicht ist. Mit einem Minimum von Anstrengung geschieht diese Umstellung, fast spielend, dafür bürgt die erlernte Übung. Aber der Sinn ist doch der, wenn die Bewegung der Hand, bezogen auf ihre Koordinaten, auf die X-, Y-, Z-Achsen, die ihre Lage registrieren, einen gewissen positiven oder negativen Zuwachs erzielt hat, dann müssen auch alle übrigen Organe und schließlich der ganze Körper im Verhältnis zu den feststehenden Koordinaten des Raumes eine Verschiebung erleiden. Und den verschiedensten Muskeln wird durch ihre Nerven von dem Gehirn gerade derjenige Betrag der Erregung zugeführt, welcher sie befähigt, diese Lageveränderung durchzuführen. Alle diese Erregungen sind koordiniert, die Stärkeverhältnisse sind im Gehirn auf das sorgfältigste gegeneinander abgewogen. Mit anderen Worten, die Lage des Organismus im Raume, die Angaben seiner Koordinaten im Verhältnis zu den Koordinaten des Raumes ist fortwährend unter der Herrschaft der vom Gehirn ausgehenden Innervation. Diese bestimmt die Lage im Raume, sie lokalisiert, wenn ich mich dieses Ausdruckes, der schon in anderem Sinne verwendet wurde, hier bedienen darf. Und was ist die Ursache dieser Lokalisation? Ja das Ich ist bedroht, ein Stich des Gegners kann dem Leben ein Ende machen. Daher die Erregung. Die Gesamtheit der Lebensprozesse steht auf dem Spiel. Alles was lebt, ist hier vereinigt, derselbe Organismus, der geduldig der Verletzung eines Fingers zusehen würde, beantwortet das, was dem Leben des Ganzen gilt, mit einer Erregung, die gleichzeitig die höchste Zentralisation und die feinste Lokalisation darstellt.

Auf der Vereinigung dieser beiden Widersprüche beruht unser Verhältnis zur Außenwelt überhaupt. Wo diese Welt auf uns trifft, empfinden wir sie als Ganzes, als Individuum, und wir setzen ihr dann wieder entgegen eine Kraftentwickelung in einem bestimmten Teil von uns. Diese Kraftentwickelung beruht auf einer Veränderung dieses Teiles, dieses Organes oder dieses Gewebes, wie wir jetzt sagen. Und diese Veränderung kann nur dadurch zustande kommen, daß andere Gewebe an das sich Verändernde bestimmte Stoffe abgeben. Aber dieses

Abgeben im Organismus muß auf einer ganz eigentümlichen Zusammenordnung beruhen, so sehen wir jetzt die Sache an. Gleichzeitig wird der Organismus als Ganzes verändert, darauf beruht die Zentralisation, und gleichzeitig werden in einem ganz bestimmten Grade einzelne Teile verändert, darauf beruht die Lokalisation. Welche Beziehungen können nun existieren zwischen dem Aufbau des Organismus als Ganzes und dem der einzelnen Teile? Wenn die einzelnen Teile untereinander so verschieden sind, wie Drüsen, Muskeln, Nerven wie kann ihre Veränderung in Beziehung stehen zu der des Gesamtorganismus?

5. Interzellularsubstanz und Bahnen.

Wie sind nun diese Bahnen, die den Organismus durchziehen, aufzufassen im Gegensatz zu den Zellen? Um das zu verstehen, muß man sich den Boden ansehen, auf dem sie gebildet werden. Das ist die Interzellularsubstanz, also eine Substanz, die zwischen den Zellen liegt, die, wie die Untersuchungen M. Schultze's[1]) gelehrt haben, von diesen ausgeschieden werden. Aber die Zellen, die diese Bildung besorgen, sind ganz andere als diejenigen, die wir im mikroskopischen Bilde betrachteten. Hätten wir die embryonale Analyse schon gehabt, so würde ich sagen, es sind nicht Zellen der primären Keimblätter, sondern des mittleren Keimblatts. So will ich nur auf eins aufmerksam machen. Diese Zellen haben zum Teil eine Beweglichkeit, sie wandern. Jedenfalls aber ist ihnen eigentümlich eine Veränderlichkeit ihrer Gestalt, welche darauf hinweist, daß ihnen das fehlen muß, was bei jenen Epithelzellen die Festigkeit bedingt, nämlich die Grundsubstanz. Sie können der Interzellularsubstanz nicht geben, was sie nicht selbst besitzen. Als eine schleimartige Substanz ist dieselbe zuerst verbreitet. Später bildet sie das feste Skelett des Organismus in den Knochen, da nimmt sie diese Grundsubstanz wieder auf, freilich in einer anderen Weise, als sie sich in den Knorpeln findet. In der Zwischenzeit aber, und von jenem späteren Stadium werden wir erst

[1]) M. Schultze, vergl. L. Ranvier, Technisches Lehrbuch der Histologie, übers. v. Nicati u. v. Wyss. Leipzig, 1877.

in der biologischen Analyse sprechen, ordnet sich diese Schleimsubstanz in zwei verschiedene Formen in collagene, leimgebende Fibrillen und in elastische Fasern. Es ist eine Eigentümlichkeit beider, vielleicht zusammenhängend mit dem Mangel an Grundsubstanz, daß sie nicht in einzelne Territorien zerfallen. Die Abschnitte, welche von den einzelnen Zellen abgesondert wurden, wachsen zusammen, und es bilden sich daraus Fäden. Zwar sind diese Fäden zweierlei Art, die einen laufen miteinander parallel in Bündeln vereint, die anderen durchkreuzen sich nach allen Richtungen. Noch mehr erscheint ihre chemische Natur verschieden, die ersteren quellen auf mit den schwachen Säuren, die letzteren sind resistent gegen Säuren und Alkalien. Beiden gemeinschaftlich ist jedoch das Zusammenschließen und Auswachsen zu Fäden, die Teile oder den ganzen Organismus durchziehen. Das muß eine Wirkung ihrer chemischen Zusammensetzung sein und das charakterisiert sie als etwas von dem in den Zellen Vorhandenen ganz Verschiedenes. Sie sind Produkte einer anderen Art von Bildung, eines anderen Wesens. Den Boden dieser Fäden, die den Organismus durchziehen, suchen die Bahnen auf, von denen wir sprachen, das Blut, die cerebrospinalen, die sympathischen Nerven. Drei verschiedene Bahnen sind das, die nicht gemeinschaftlich, die in verschiedenen Richtungen ziehen. Und ebensowenig haben sie eine Gleichheit in ihrer Struktur und ihrer Funktion. Nur in bezug auf die letztere ergibt sich eine gewisse Ähnlichkeit zwischen den sympathischen und den Cerebrospinalnerven, eben so groß, wie die Annäherung zwischen diesen beiden, wird die Trennung beider von dem Blute. Das einzige, was ihre innere Verwandtschaft begründet, ist eben ihr Durchziehen des Organismus, eine Verwandtschaft, die aber, wie wir jetzt schon einsehen, viel mehr begründet ist, auf dem Boden, auf dem sie sich entwickeln, als auf dem, was nachher eintritt. Gehen wir nun weiter und weiter zurück in der Entwickelung, bis zu den allerersten Anfängen des Organismus, so entdecken wir, daß das, was sie zu ihrer Entwickelung benutzen, die Spalten sind, die zwischen den ersten Zellen übrig bleiben. Drei aufeinander senkrecht stehende Spalten sind es, so lehrt uns die Embryologie, die ursprünglich vorhanden sind. Wir benützen es und müssen es benützen, um uns den Verlauf dieser Bahnen klar zu machen. Drei solcher Spalten, die senkrecht

aufeinander stehen, müssen sich teilen in einem Punkte, der das Zentrum des zu jener Zeit bestehenden Organismus ist. Wir können auch ihren Verlauf beschreiben, indem wir sagen, sie verbinden dieses Zentrum mit der Peripherie des Organismus in drei Ebenen, die den Koordinaten entsprechen. Jede dieser Spalten, und das was die Zellen zwischen sich in diese Spalte ausgeschieden haben, wird benützt von einer dieser Bahnen. Jede der Bahnen verbindet also die Peripherie des Organismus mit dem Zentrum. Das Zentrum der Bahn ist aber nicht immer das gemeinsame Zentrum des Organismus. Mit der Zeit bilden alle Bahnen ihre eigenen Zentren aus, die freilich untereinander im Zusammenhang bleiben. Wir können daher in jeder Bahn unterscheiden einen zentripetalen und einen zentrifugalen Teil, wobei wir freilich annehmen müssen, daß jeder Zweig zunächst sowohl der einen wie der anderen Aufgabe dienen kann. Erst nachher verdoppeln sie sich, und es tritt dann für das Blut das Neue hinzu, daß beide Zweige an der Peripherie miteinander in Verbindung treten, wodurch der Kreislauf möglich wird. Haben wir uns so über das, was allen diesen Bahnen gemeinsam ist, orientiert, so tritt uns um so deutlicher die Verschiedenheit entgegen, welche die Entwickelung mit sich bringt, und die uns Histologie und Anatomie enthüllen. Da haben wir in der Blutbahn den eigentümlichen doppelten Gefäßbaum, der von dem Herzen ausgeht und zum Herzen zurückkehrt. Viel weniger zentriert erscheinen auf den ersten Blick die Nerven, welche paarweise von der Peripherie zum Zentralnervensystem oder zum Grenzstrang hinziehen und ebenso zur Peripherie zurückwandern. Das Zentralnervensystem dient eben in einer Weise, von der ich noch sprechen will, selbst der weiteren Zentralisation.

Wir haben dann in der Blutbahn Abkömmlinge des mittleren Keimblattes. Wie die Interzellularsubstanzen, welche die Bahn zuerst anlegten, so sind auch die Zellen und Gebilde, welche in dem Blute später erscheinen, Abkömmlinge dieses mittleren Keimblattes. Denn das Blut erscheint nicht an der Körperoberfläche, es bleibt im Innern. Dagegen bei den Nerven schieben sich die Epithelzellen, welche die innere und die äußere Körperoberfläche bekleiden, wirklich in diese Bahnen der Interzellularsubstanz ein, und ihre Abkömmlinge bauen die Nerven auf. Wir erkennen die Differenz der Aufgabe. Die Nerven haben zu dem Zentrum des Organismus hinzube-

fördern das, was an die Oberfläche anschlägt, und im Innern die Kraftentwickelung anzuregen, die dem begegnet; das Blut hat im Innern die Stoffe dahinzubringen, wo sie gebraucht werden. Wir erkennen auch das, was gleichartig in dieser Aufgabe ist. Es ist die Zentralisation, die Verbindung aller Teile mit dem Zentrum, die Unterordnung unter das Zentrum. Die Möglichkeit dieser Verbindung, so haben wir in diesem Kapitel gelernt, erlangen die Zellen der verschiedenen Keimblätter, durch die Benützung der Interzellularsubstanzen, durch die Ausnützung der Eigentümlichkeiten, die in deren chemischem und physikalischem Aufbau gegeben sind. Man muß aber da lernen, gleich wieder den Unterschied zu machen zwischen dem Durcheiltwerden eines Nerven, durch eine Botschaft, die von der Oberfläche kommt, und dem Transport eines Stoffes im Blut. Es ist das wie ein aktives und passives Wandern.

6. Blut.

Sehen wir uns einmal eine dieser Bahnen und was in ihr wandelt genauer an. Wenn wir von den Kräften sprechen, die die Wanderung bewirken, und von dem, was im Organismus sich zuträgt, werden wir uns noch damit beschäftigen müssen. Aber das, was uns dieser Abschnitt und die beiden vorigen Abschnitte gezeigt haben, gibt uns schon Veranlassung genug, die Anwendbarkeit der dort abgeleiteten Regeln auf das Blut zu prüfen. In ihm haben wir das Plasma und die darin suspendierten Körperchen, rote und weiße. Nach dem vorigen Kapitel sind dieselben Abkömmlinge des mittleren Keimblattes, und diesen Zellen kommt es zu, eine Interzellularsubstanz zu haben. Als eine solche aber können wir auch das Plasma ansehen. Ursprünglich waren die Interzellularsubstanzen schleimig, sahen wir weiter. Der schleimige Zustand geht in den flüssigen über, wenn die Reaktion alkalisch wird. Die Reaktion des Blutes aber ist alkalisch, und so wird das Plasma eine flüssige Interzellularsubstanz. Die nahe Verwandtschaft, welche dasselbe mit den frühen Stadien der Interzellularsubstanzen des Bindegewebes hat, wird uns durch die chemischen Verschiedenheiten, die wir zwischen beiden entdecken, nicht in den Hintergrund

gedrängt, denn chemisch genommen ist ja das Plasma keine Einheit. Wir wissen wohl, daß wir in ihm neben der Interzellularsubstanz es noch mit vielen anderen Stoffen zu tun haben, für die es bloß das Transportmittel ist. Jene weitere Eigenschaft der Interzellularsubstanz, daß sie sich zu Fäden vereinigt, welche den Organismus durchziehen, können wir uns auch in dem Plasma verwirklicht vorstellen. Es ist ja kolloid. Nur sind die Fäden eben so fein, daß sie keinen Widerstand leisten. Das tritt erst ein in einem Fall, der sich auch aus unserer Betrachtungsweise ergibt. Wir haben oben gesagt, daß es eine Eigentümlichkeit der Deszendenten des mittleren Keimblatts ist, daß es ihnen an der anorganischen Grundsubstanz fehlt, welche die feste Zellengestalt bedingt. Nun ist das Blut aber doch der allgemeine Vermittler der Stoffe, welche die Epithelzellen für ihren Aufbau brauchen. Es muß also auch die Grundsubstanzen transportieren. Damit es dies könne, müssen die Grundsubstanzen in eine andere Form übergehen, sie müssen löslich werden. In der alkalischen Reaktion des Blutes aber kann die eine dieser anorganischen Grundsubstanzen, der Kalk, aber bloß löslich werden, wenn er in eine organische Bindung übergeht. Wenn er aus dieser herausgeführt wird, dann wird er zur Grundsubstanz für das Plasma, das jetzt die Rolle der Interzellularsubstanzen deutlich spielt. Es gerinnt und wird fest.

Wenden wir uns zu den Zellen des Blutes. Die einen, die farblosen, die Leukocyten, dieselben, welche auch in das Bindegewebe übergehen, sind in ihrer Form variabel, beweglich. Sie besitzen einen oder mehrere Kerne von veränderlicher Form, was von dem Mangel der Grundsubstanz des Kernes in der uns seither bekannten Form abhängt. Sie besitzen ein Protoplasma, oft mit Einlagerungen, und eine äußerste Schicht desselben, die der Rolle der Zellmembran entspricht. Was die roten Körperchen entspricht, so erregen sie unser Staunen auf zweierlei Weise. Einmal durch ihre bestimmte feste Form und Größe, sodann durch die Abwesenheit eines Kerns. Das erstere deutet hin auf die Anwesenheit einer Grundsubstanz, und doch haben wir eine solche den Zellen des mittleren Keimblatts abgesprochen. Aber muß diese Grundsubstanz anorganisch sein? Ja kann die Rolle einer Grundsubstanz nicht ausgefüllt werden durch organische Substanzen, welche in wässerigen Medien nicht löslich sind, also durch Fette? In der Tat können wir

nachweisen, daß solche Fette die Gestalt der roten Blutkörperchen bedingen. Wir können sie durch Äther oder andere fettlösende Mittel auflösen. Wir können noch weiter gehen. Wir können ein Wesen herstellen, welches genau die Form der Blutkörperchen hat, indem wir den Farbstoff von diesem trennen. Wir nennen es sein Stroma. Es muß das, was die Grundsubstanz darstellt, enthalten. Es besteht aus Cholesterin und Lecithin, den beiden Lipoiden.

Weiter haben die roten Blutkörperchen bei den Säugetieren keinen Kern. Aber sie sind nicht überall kernlos. Bei allen Wirbeltierklassen außer den Säugetieren haben sie Kerne. Sie sind auch bei diesen nicht immer kernlos. Bei den Embryonen haben sie Kerne, und jedesmal dann, wenn die Blutkörperchen sich vermehren, stellen die Kerne sich wieder ein. Sie scheinen bald die Blutkörperchen zu verlassen, bald in diese wieder einzudringen. Der Ort, wo dieses geschieht, ist das Knochenmark, und die Ursache dieses Wechsels liegt wohl in dem Ein- und Austreten der Grundsubstanz für die Kerne, dem Tricalciumphosphat, ein Wechsel, von dem wir eben gesprochen.

Wenden wir uns zu der physiologisch-chemischen Analyse. In der haben wir etwas erfahren über den Farbstoff, der in den Blutkörperchen sitzt. Wir lernten dort, daß er viermal den Hämopyrrolkern enthalte, zusammengebunden durch Eisen. Wir lernten dort weiter, wie aus einer Spaltung dieses Farbstoffs, wobei das Eisen wegfiel, die Gallenfarbstoffe entstehen. Jetzt lernen wir, wie alle Pigmente des Organismus, durch ein solches Übertreten des Blutfarbstoffs in andere Gewebe gebildet werden. Überall spaltet sich das Eisen ab, überall finden wir isoliert oder vereinigt die Pyrrolkerne wieder. Die Bildung der Pyrrole aber sehen wir als einen der ersten Akte der Bildung der Substanzen des Organismus aus den eingeführten Nahrungsbestandteilen an. Seine Verbindung mit dem Eisen aber begrüßen wir wegen der Doppelwertigkeit des Eisens als das Mittel, den Sauerstoff im Organismus überall hinzuführen.

Der Abschnitt der physikalisch-chemischen Analyse hat uns belehrt über den Strom von Molekülen, der durch die Membranen hindurchgeht, welche die tierischen Zellen abschließen. Wir haben dort gesprochen von den isotonischen, den hypo- und hypertonischen Lösungen, in welchen solche Zellen herumschwimmen. Die

Suspension der Blutkörperchen ist ein typisches Beispiel von dem Schwimmen in einer isotonischen Lösung. Jede Veränderung der Tonizität des Plasmas bedingt eine Gestaltsveränderung der Blutkörperchen, so daß diese mit ihrer schließlichen Folge, dem Platzen der Blutkörperchen, sogar ein Zeichen ist für die Änderung des Druckes, den die Flüssigkeit ausübt. Hamburger[1]) hat auf dieses Platzen eine Methode gegründet, um den osmotischen Druck zu bestimmen. Sind die Blutkörperchen aber so empfindlich und behalten sie doch ihre Gestalt in dem zirkulierenden Blut, so beweist uns das, daß das Plasma sich immer auf demselben Status des osmotischen Druckes halten muß. Unaufhörlich geht der Strom aus dem Blute heraus, wenn die Gewebe durch dasselbe ernährt werden, unaufhörlich muß auch der Strom wieder hineingehen, wenn sich das Gleichgewicht erhalten soll. Das gilt hauptsächlich für die Salze, von denen der osmotische Druck zum großen Teil abhängt, das gilt nicht minder auch für die Kohlensäure, denn sie, wie wir durch Gürber[2]) wissen, beeinflußt die Permeabilität der Hüllen der Blutkörperchen.

---

7. Nerven und Muskeln.

Etwas wird lebendig in dem Muskel, wenn der Nerv ihn erregt, er bewegt sich, er übt eine Kraft aus, um dann wieder zur Ruhe überzugehen. Was bedeutet das? Noch beschäftigen wir uns nicht mit dem Gang der Entwickelung von Kräften, die durch den Organismus hier hindurchziehen. Aber die Verbindungen, an die dieselbe geknüpft ist, die morphologischen Gebilde, die diese Entwickelung leisten, müssen wir ins Auge fassen. Der Nerv ist eine der Bahnen, von denen wir jüngst sprachen. Wir haben da ausgemacht, daß er ausgehe von Interzellularsubstanzen, die zwischen den Zellen liegen in den Spalten, und in denen sich Epithelzellen von der Oberfläche ansiedeln. Aber warum verbindet dieser Nerv

[1]) Hamburger, Über die durch Salz- und Rohrzucker-Lösungen bewirkten Veränderungen der Blutkörperchen. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. 1886 u. 87.

[2]) Gürber, Über den Einfluß der Kohlensäure auf die Verteilung von Basen u. Säuren zwischen Serum und Körperchen. Sitzungsber. der Würzb. Phys. med. Ges. 1895.

nicht, wie wir da annehmen, die Oberfläche mit dem Zentrum, und das Zentrum mit der Oberfläche, warum zieht er zu den Muskeln hin? Eine Verbindung mit der Oberfläche ist jene Erregung auch, die der Nerv zum Muskel bringt. Sie beginnt mit einem Reiz auf die äußere Körperoberfläche.

Die erste Vorstellung, die sich erhebt, ist die, der Nerv bindet Epithel der Oberfläche und Muskel zu einem Wesen zusammen, zu einem Wesen das lebt, sich bewegt. So lange die Verbindung dauert, ist dieses Leben da, dann versinkt es wieder vor dem allgemeinen Leben des Organismus. Die Muskeln wie die Epithelien der Oberfläche machen nur einen Teil aus von dem Gesamtorganismus. Aber wieso wird jenes Epithel mit den Muskeln verbunden? Warum durchziehen die Nerven den Organismus nicht von Oberfläche zu Oberfläche? Das tun sie aber doch. Jenem Ast, der die Oberfläche der einen Seite mit dem Zentrum verbindet, entspricht ein anderer, der dies für die Oberfläche der anderen Seite tut. Aber dieser ist nicht die Fortsetzung des anderen, die Erregung wandert nicht *auf ihm* wieder aus dem Zentrum heraus, sondern *auf dem Nerven,* den wir den motorischen nennen. Also nicht die gleichartigen Epithelien werden durch den Nerven in Verbindung gesetzt, sondern Epithel und Muskel. Nichts verrät uns in den Bahnen diese Ungleichheit. Der sensible wie der motorische Nerv, der zentripetale wie der zentrifugale Ast sehen sich zum Verwechseln ähnlich. In beiden haben wir als Reste der Interzellularsubstanz, auf der sie sich aufbauen, die Schwannsche Scheide mit den Lymphbahnen, die auf ihr und unterhalb von ihr liegen. Dann erinnert an das Epithel der Oberfläche ihre Markscheide mit dem Gehalt an Neurokeratin und den Lipoiden. Zu innerst liegt im motorischen wie im sensiblen Nerven der Achsenzylinder, ein Fortsatz der Ganglienzelle. Dagegen die Verbindungen des Nerven mit den Epithelien einerseits, mit den Muskeln andererseits unterscheiden sich. Feinste Fäden beginnen *zwischen* den Epithelien in der Hornhaut, *in* den Epithelien am Froschlarvenschwanz und vereinigen sich zu Geflechten, die unter dem Epithel liegen. Aus diesen Plexus, in denen die Fäden noch keine Markscheide besitzen, entwickeln sich die markhaltigen Nerven unter der Hilfe von einigen Zellen von dem Charakter zu Grunde gehender Epithelien. An den Muskeln dagegen endigt der Nerv

mit einer eigentümlichen Bildung, der Nervenendplatte oder dem Nervenendhügel. Seine Schwannsche Scheide verschmilzt mit dem Sarkolemm des Muskels, und die genauere Untersuchung hat ergeben, daß es auch nur die Markscheide ist, welche in dieser Platte an der Oberfläche der Muskelfaser endigt, der Achsenzylinder dagegen setzt sich in die Muskelfaser hinein fort, bis zu den Zwischenscheiben, welche die einzelnen Muskelprismen trennen.

Wenn wir nun unseren früheren Betrachtungen folgen, so müssen wir annehmen, so gut wie von dem Epithel der Oberfläche aus in den Bahnen der Interzellularsubstanz sich ein Weg ausbildete zu dem Zentrum hin, so gut bildet sich auch ein solcher Weg zu dem Muskel hin. Nur ist in diesem die Leitung gerade eine umgekehrte wie in jenem. Steht das in Zusammenhang mit der veränderten Aufeinanderfolge der Entstehung, die der Ausgang vom Muskel gegenüber den Epithelien bedingt. Der zentrifugale und der zentripetale Ast stehen nicht unmittelbar im Zusammenhang. Beide endigen in Ganglienzellen, den sensiblen und den motorischen. Und doch geht die Erregung von der einen auf die andere über. Möglich, daß Apathy[1]) und Bethe[2]) recht haben, und daß Fibrillen aus den sensiblen in die motorischen Fasern den Weg für die Erregung leiten. Möglich auch, daß die Experimente von Lombard[3]) zeigen, daß kein solcher bestimmter Weg existiert, und daß die Resultate von Sanders Ezn[4]) dahin interpretiert werden müssen, daß zwischen beiden Zellen ein gewisser Widerstand existiert.

Die Ermüdung vergrößert diesen Widerstand, die Stärke des Reizes läßt ihn überwinden. Möglich ist es endlich, daß beide Ansichten sich versöhnen lassen. Die Färbungen von Apathy und Bethe zeigen schließlich nur, daß gewisse Stoffe auf gewissen Wegen aus den sensiblen Nerven in die motorischen übergehen, die Experimente von Lombard dagegen auch nur, daß dies in der Regel geschieht, daß aber auch andere Wege, auf denen eine solche

---

[1]) Apathy, Nach welcher Richtung hin soll die Nervenlehre reformiert werden? Biol. Zentralbl. IX., 1889.

[2]) Bethe, A., Allgemeine Anatomie u. Physiol. d. Nervensystems. Leipzig 1903.

[3]) Lombard, W., Die räuml. u. zeitl. Aufeinanderfolge reflektorisch contrah. Muskeln. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. 1885.

[4]) Sanders Ezn, Arbeiten a. d. physiol. Anst. z. Leipzig 1887.

vorgebildete Bahn nicht oder nicht in der gleichen Weise existiert, eingeschlagen werden können. Genug, der Übergang findet in der Regel statt; der sensible und der motorische Weg werden so durch den Übergang von Stoffen miteinander verbunden und damit die Epithelzelle und der Muskel. Ein Aufleben eines Speziallebens ist die Folge, wie ich im Eingang dieses Kapitels sagte, so lange dieser Übergang dauert. Was verbindet sich da wirklich?

Die Muskeln, so belehren uns die Embryologen,[1]) stammen von dem mittleren Keimblatt ab, die Epithelien der äußeren Oberfläche dagegen von dem äußeren. Es sind auch eine Art Epithelzellen, welche die Anlage der Muskeln ursprünglich bilden, aber Epithelien der Leibeshöhle zu vergleichen mit jenen, welche die Anlage der Geschlechtsorgane bilden, von denen wir später noch sprechen werden. Bald findet eine völlige Umordnung in diesen Epithelien der Leibeshöhle statt. Sie wachsen unter Mitwirkung des Bindegewebes zu den Muskelblättern oder Muskelprimitivbündeln aus. Also zwei ganz verschiedene Dinge dienen als Ursprungsstätten der Nerven, zwei ganz verschiedene Dinge werden im Moment des Übergangs vom sensiblen auf den motorischen Nerven miteinander verbunden, so daß ein neues Wesen entsteht. Die Gleichheit in dem zentrifugalen Nerven gegenüber dem zentripetalen, bei der Verschiedenheit des Ursprungs zeigt uns, daß diese Verschiedenheit gerade auf einer Umkehrung beruhen muß. Wir lernen so etwas Neues. Wie es in dem Organismus die Eigentümlichkeit der Bahnen gibt, wie es die Eigentümlichkeit beweglicher Wesen gibt, die in verschiedenen Geweben verteilt liegen können, so gibt es noch ein drittes, nämlich eine Umordnung der Teile der Bahnen und der beweglichen Wesen zueinander. So merkwürdig ist der Organismus aufgebaut. Nicht bloß neue Verbindungen entstehen, nein auch das schon bestehende muß sich ändern und kann sich ändern, wenn neue Bahnen sich entwickeln und wenn der Organismus der Außenwelt entgegentritt.

Wir haben hier für unsere Betrachtung den willkürlichen Muskel und den Cerebrospinalnerven gewählt. Ein ganz ähnliches Verhältnis aber besteht auch zwischen dem sympathischen Nerven und dem unwillkürlichen Muskel. Der sympathische Nerv aber

---

[1]) Hertwigs Lehrbuch d. Entwickelungsgesch. 2. Jena 1888.

geht von der inneren Körperoberfläche aus, wie uns die Nervi splanchnici zeigen. Er hat keine Markscheide, einen anderen noch wenig studierten Bau. Aber er breitet sich auch auf den Bahnen der Interzellularsubstanz aus. Er hat auch einen zentripetalen und zentrifugalen Ast, verbunden durch Ganglienzellen. Entsprechend dem anderen Bau, den anderen Stoffen, die er transportiert, endigt er auch anders am Muskel. Er dringt, wie Lahousse[1]) gesehen hat, an der Vorhofscheidewand des Froschherzens in die Kerne der Muskelfaser ein. Was er verbindet ist also etwas anderes, als was der Cerebrospinalnerv verbindet, und doch entsteht auch ein Moment des Speziallebens durch ihn. Wie verhalten sich diese so verschiedenen Speziallebeen zueinander und zu dem Gesamtleben?

8. Moleküle, Granula, Zellen.

Es hat seinerzeit nicht geringes Aufsehen gemacht, als Altmann[2]) beschrieb, wie er in dem Protoplasma der Zellen bei geeigneter Behandlung Körner entdeckte, die er Granula benannte. An der Hand seiner schönen Präparate stellte er die verschiedenen Granula zusammen und bezeichnete dieselben nunmehr als die Elementarorganismen der Zellen. Mir war dieser Befund nicht unerwartet gekommen, denn schon in der Arbeit von Stolnikow[3]) sind in dem Protoplasma der Leberzellen nach der Phosphorvergiftung solche Granula, die den Altmannschen sehr ähnlich sahen, abgebildet und beschrieben. Noch deutlicher sind diese Granula, wenn man nicht mit Phosphor, sondern mit Selen und Tellur vergiftet, wie Klikowicz[4]) unter meiner Leitung es damals tat. Diese Experimente sind nicht beschrieben, denn als ich begann das Protoplasma unter dem Einfluß bestimmter in den Stoffwechsel eingeführter Substanzen zu studieren, drängte sich eine Menge von

---

[1]) Lahousse, Die Struktur des Nervenplexus in der Vorhofscheidewand des Froschherzens. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. 1886.

[2]) Altmann, Die Elementarorganismen usw. Leipzig 1890.

[3]) Stolnikow, Vorgänge in d. Leberzellen, insb. bei d. Phosphorverg. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. Supl. 1887.

[4]) Gaule (Klikowicz), Über die Beziehung d. Struktur d. Gifte zu d. Veränderungen in d. Zellen. Zentralbl. f. Phys. 1888.

Befunden an mich heran, welche ich damals nicht übersehen konnte. Was ist von den Bildern, die man da erhält, im Leben wirklich vorhanden, was entsteht erst beim Sterben, was ist die Wirkung der Erhärtungs- und Färbungsmittel? Über die letztere hat zunächst Krehl eine umfangreiche, durch meine Übersiedelung nach Zürich leider unterbrochene und daher unvollendete Arbeit angestellt. Aber eines ergab sich schon aus seinen Resultaten mit Sicherheit, nämlich der Einfluß, den die osmotischen Bedingungen, unter denen die Erhärtung stattfindet, auf das mikroskopische Bild haben. Als daher Fischer[1]) die Befunde Altmanns wesentlich zurückführte auf die Methode der Erhärtung und zeigte, wie man von demselben Präparate unter der Einwirkung verschiedener Arten der Erhärtung ganz verschiedene Bilder erhalten könnte, gab ich ihm recht, und in einer kurzen Bemerkung[2]) zu einer Arbeit von Metzner[3]) hatte ich im wesentlichen dasselbe gesagt.

Indessen, ob man nun Granula oder Fäden im Protoplasma erhält, irgend etwas Eigentümliches erhält man immer. Die Trennung von Artefakt und Lebensstruktur läßt sich in der Weise, wie man es seither getan, nicht aufrecht erhalten. Was lebt, erleidet die Einwirkung chemischer Reagentien und ist selbst durch diese gebildet. So mögen die Granula sowohl auf natürlichem wie auf künstlichem Wege entstehen. Ob das immer dieselben sind? Wir müssen um das zu entscheiden, außer dem morphologischen Befund noch andere Kriterien haben. J. Arnold[4])[5]) hat vor kurzem wieder die Granula in vielen Zellen gesehen und darauf hingewiesen, daß viele von den Plasmosomen abstammen. Das ist ein Befund, der mit dem, was ich weiterhin auseinandersetze, ganz übereinstimmt. Es muß etwas stecken zwischen der Lösung und der Zelle, etwas, was

---

[1]) Fischer, A., Zur Kritik d. Fixierungsmethoden in d. Granula. Anat. Anz. IX, 1894.

[2]) Gaule, Über das Auftreten von Fett in den Zellen usw. Arch. f. A. u. Phys. Phys. Ab. 1890.

[3]) Metzner, Über die Beziehung d. Granula zum Fettansatz. Arch. f. A. u. Phys. Anat. Ab. 1890.

[4]) J. Arnold, Über Granulafärbung lebender u. überl. Gewebe. Virch. Arch. CLIXI, 2.

[5]) Derselbe, Weitere Mitteilungen über vitale u. supravit. Granulafärbung. Anat. Anz. XXIV.

wir als Struktur dieser Massen ansehen müssen, handle es sich bei diesen Massen um Protoplasma oder Kern. Dieses Etwas steht zwischen den Molekülen und den Zellen, was ist es eigentlich? So lange ich nicht in den Typus des Lebens, in das Wesen der eigentlichen Elementarorganismen eine Einsicht bekommen hatte, konnte ich mich damit nicht zurechtfinden. Freilich Elementarorganismen in dem Sinne, wie ich es mir vorstellte, Elementarorganismen, die nicht bloß die Zellen, sondern auch den ganzen Organismus aufbauten und die selbst von diesem wieder gebildet wurden, waren sie sicherlich nicht. Aber waren sie wenigstens die Bausteine, aus denen das Protoplasma oder der Kern aufgebaut werden konnte? Dagegen sprach der Befund, daß man durch Einführung eines Elementes wie des Tellurs, des Selens, des Phosphors in den Stoffwechsel sie so verändern konnte. Man hatte ganz andere Granula in einem solchen Falle und doch war nicht einmal die Zelle, geschweige denn die Leber oder der ganze Organismus sehr verändert. Wären sie die Bausteine gewesen, so hätte man doch nicht mit ganz veränderten Bausteinen das gleiche Haus bauen können, wenn nicht hinter dem Bau etwa ein durch seine Pläne die Differenz wieder ausgleichender Baumeister stand. Dann aber war die ganze Fragestellung verwirkt. Behielt man die ursprüngliche Fragestellung bei, so mußte man annehmen, schon der Bau der Zelle, ihre Sonderung in Protoplasma, Kern, Plasmosoma geschieht unabhängig von den Granula. Was aber sind diese? In dem Abschnitt über physiologisch chemische Analyse habe ich mich bemüht zu zeigen, wie der Organismus durch seinen Stoffwechsel die Moleküle bildet, die in seinen Zellen gefunden werden. Es leuchtet ein, wie diese Moleküle sich ändern, wenn andere Elemente eingeführt werden. So vergrößert sich, wie Stolnikow gezeigt hat, die Menge des Lecithin bei der Phosphorvergiftung, so ist die Vertretung des Schwefels durch das Selen wohl der Sinn der Selenvergiftung usw. Nun hat der Abschnitt der physikalisch-chemischen Analyse uns belehrt, wie in dem kolloidalen Zustande, in dem sich die Substanzen der lebenden Organismen befinden, die Moleküle zu Gruppen zusammentreten, wie diese Molekülgruppen nicht mehr echt gelöst, sondern nur noch suspendiert sind. Wir haben dann weiter noch gesehen, wie diese Molekülgruppen sichtbar werden und wie sie eine bestimmte mor-

phologische Ordnung zeigen. Solche kolloidale Einheiten stellen nun offenbar die Granula dar. Aber wieder erhebt sich die weitere Frage, stellen sie, anstatt die Elementarorganismen zu sein, eine Art Füllung der Zelle dar? Sind sie nur von dieser gebildet oder stehen sie auch in einer Beziehung zum Gesamtorganismus? Diejenigen Granula nun, die man schon lange kannte und die ich in den Eingang dieses Abschnittes gestellt habe, die Zymogenkörner, können uns eine Antwort geben. Wenn man sich deren Bild vergegenwärtigt und es mit einer Abbildung Stolnikows oder Altmanns von der Leber vergleicht, kann man nicht daran zweifeln, daß auch die Zymogenkörner Granula sind. Ich erinnere hier auch an die Befunde J. Arnolds (S. 169). Nun habe ich früher gezeigt, wie an der Bildung der Zymogenkörner Nerven und Blutgefäße teilnehmen. Nerven und Blutgefäße verbinden mit anderen Teilen des Organismus, diese Verbindung läßt sich nicht anders auslegen, als daß sie Stoffe aus anderen Teilen des Organismus herbeibringen. Die Granula sind also nicht bloß eine Bildung der Zelle, in der sie entstehen, sie sind eine Bildung des gesamten Organismus, ihre Entstehung ist eine Aufgabe der Zentralisation.

Damit kommen wir zu einer Seite der Sache, die wir erst in diesem Abschnitt berührt haben. Wir unterschieden da in den Epithelzellen neben den organischen noch eine anorganische Grundsubstanz. Die Erscheinung der Granula läßt uns nicht im Zweifel darüber, daß auch diese an ihnen beteiligt ist. Der Einfluß, den die Einführung bestimmter Stoffe, und zwar von Stoffen, die aus der anorganischen in die organische Bindung übergehen wie Phosphor oder Selen auf sie haben, läßt uns nicht in Zweifel, daß die Veranlassung zur Bildung der Granula in einem Einfluß auf die organischen Moleküle gegeben sein muß. Diese organischen Moleküle aber wirken wieder auf die Verteilung der Grundsubstanz. Daß auch das möglich ist, zeigt uns wieder die physikalisch-chemische Analyse. Der Vergleich mit den Zymogenkörnern endlich lehrt uns die Einordnung in die Zentralisation. Denn die Zymogenkörner entstehen unter dem Einfluß von Blut und Nerven, d. h. von Stoffen, die auf diesen Bahnen herbeigeschafft werden. Diese Bahnen aber dulden keine anorganischen Grundsubstanzen. Organische Moleküle oder wenigstens Elemente in organischer

Bindungsart müssen durch sie den Epithelzellen zufließen, und indem sie in ihnen die organischen Substanzen ändern, beeinflussen sie die Grundsubstanz, veranlassen die Sonderung in Granula oder Körner.

---

9. Gesellschaften im Organismus.

Die Unterordnung der einen Abteilung des Organismus unter eine andere erregt unsere Bewunderung. Und eng damit verknüpft, aber ihr noch überlegen ist die Zentralisation, die Abhängigkeit der Tätigkeit aller und jeder Zelle von einigen wenigen, vielleicht *einer,* aber nicht immer ***derselben*** Zelle. Schon wiederholt sind wir in der histologischen Analyse auf sie gestoßen, und wir haben gesehen, daß hierbei die Tätigkeit aller Zellen eines Organs ergänzt wird, durch Teile, die von den Zellen eines anderen Organs hinzukommen. Aber das genügt noch nicht, um uns die Unterordnung, geschweige denn die Zentralisation zu erklären. Warum ist denn die Tätigkeit der einen Zellenart von der der anderen abhängig? Eine Einsicht in die Physiologie führt bald zu der Erkenntnis, daß gewisse Zellenarten bei der Ausführung von Funktionen koordiniert, sagen wir vergesellschaftet sind, so finden wir eine solche Gesellschaft zwischen Muskeln, Nervenfasern, Ganglienzellen, wahrscheinlich sind auch Epithelzellen, die den Reiz aufnehmen, und das Blut, welches die Erholung des Muskels nach ausgeführter Bewegung besorgt, dabei beteiligt. Nun haben wir in den vorausgehenden Abschnitten gesehen, daß der Einfluß einer Abteilung von Zellen auf die andere sich geltend macht auf den Wegen, die die verschiedenen Abteilungen des Organismus miteinander verbinden. Blut und Nerven stellen uns solche Wege dar. Wir haben dann weiter gesehen, daß die ursprünglich gleichartigen Zellen zu Arbeitszellen differenziert werden, indem sie verschiedenartige Bestandteile ausstoßen. Diese Bestandteile sind nicht Protoplasma und Kern, denn die bleiben den Zellen erhalten, sondern es sind Bestandteile, die in diese eingelagert sind. Auf diesen Bestandteilen beruht also die Funktion, und da die gemeinschaftliche Funktion die Basis der Gesellschaft ist, die Gesellschaft der Zellen. Wie können aber diese Bestandteile eine Gesellschaft herbeiführen? Offenbar nur, indem sie sich in den Wegen, in die

sie hineingelangen, verbinden, oder verbinden, nachdem sie in dem Bestimmungsort angelangt sind, mit etwas, was an dem Bestimmungsort liegt.

Nun haben wir ferner bei der Analyse des mikroskopischen Bildes gesehen, daß, wenn wir die Funktionen physiologisch betrachten, mit einer solchen Gesellschaftung die Zentralisation verbunden ist. Zentralisation bedeutet eine Ungleichwertigkeit der einzelnen Glieder. Eines derselben muß dieselbe Bedeutung für die Gesellschaft haben, wie die übrigen zusammengenommen. Nun habe ich bei der Durchzählung der mikroskopischen Elemente, die eine solche Gesellschaft, einen Ökus,[1]) wie ich es nannte, zusammensetzen, gefunden, daß dieselben in denselben Zahlenverhältnissen zueinander stehen, wie die Kohlenstoffatome der in den Stoffwechsel eingehenden Kohlenhydrate. Wenn eine solche Gesellschaft zentralisiert ist, so könnte das zentralisierende Glied ein Molekül des Kohlenhydrates abgeben, und dann würde jedes der übrigen Glieder eine Atomgruppe empfangen, die an ein Kohlenstoffatom angehängt wäre. Gerade dieses zu empfangende Kohlenstoffatom mit seinem Anfang könnte aber in der Zelle bereitliegende Gruppen zur Vervollständigung bringen und so zur Funktion fertigstellen. Umgekehrt könnten eine Anzahl Zellen je eine Kohlenstoffgruppe abgeben, und die könnten sich gerade wieder vereinigen zu einem Kohlenhydratmolekül, das in einer zentralisierenden Zelle entstünde und dort eine Veränderung hervorriefe. Das wäre verschieden, je nachdem man eine zentripetale oder zentrifugale Funktion hätte. Freilich das sind nur die ersten Gedanken, die diese Zahlenverhältnisse innerhalb der Gesellschaften erwecken. Über die Schicksale, die diese Atomgruppen auf den Wegen erfahren, wissen wir einstweilen noch gar nichts. Sie können sicherlich nicht als isolierte Atomgruppen wandern. Wir fassen einstweilen nur das Resultat an den beiden Enden ins Auge.

---

[1]) **Gaule, J., Der Ökus der Zellen. Festschr. z. C. Ludwigs 70. Geb. Leipzig 1886.**

10. Die Verschiedenheit der Zellen.

Sehen wir uns einmal zwei Zellen von typischer Verschiedenheit an, z. B. eine multipolare Ganglienzelle des Rückenmarks und eine Knorpelzelle. Wir haben die Zellen als die Einheit der Gewebe bezeichnet, und gewisse Ähnlichkeiten entdecken wir auch in ihnen sowohl in morphologischer wie in chemischer Beziehung. Beide haben Protoplasma, einen Kern, Kernfäden und Kernkörperchen in dem letzteren, Granula in dem ersteren. Beide liegen in einer Art Kapsel, die allerdings für die Knorpelzelle weit solider gebaut ist als für die Ganglienzelle. Beide enthalten Eiweißkörper und Nuklein. Aber welche Verschiedenheit existiert sowohl in dem Bild wie in der chemischen Zusammensetzung. Halten wir uns zunächst an die letztere. Da haben wir eigentümlich charakteristische Stoffe, für die Ganglienzelle das Protagon, für die Knorpelzelle die Chondroitinschwefelsäure. Beide Stoffe finden sich nicht bloß in der Zelle selbst, sondern auch in der Umgebung, in der Neuroglia bei der Ganglienzelle, in der hyalinen Grundsubstanz im Knorpel. Wir können aber nicht im Zweifel sein, daß die Zellen diese Substanzen bilden und daß sie aus ihnen hinauswandern, nicht aber umgekehrt. Von der Knorpelzelle wissen wir, wie die Grundsubstanz, also auch die Chondroitinschwefelsäure als Interzellularsubstanz von den Zellen gebildet wird, für das Protagon haben wir ähnliche morphologische Daten nicht; wir suchen aber vergeblich nach einem anderen Ort im Organismus, wo es gebildet werden könnte. Es muß also im Zentralnervensystem gebildet werden, es wären also die dort vorhandenen zelligen Elemente, welche es bilden. Die Gliazellen können dabei so gut sich beteiligen, wie die Ganglienzellen, da aber beide nicht prinzipiell verschiedener Natur sind, so liegt kein Grund vor, die letzteren auszuscheiden. Überdies weisen mikrochemische Reaktionen direkt auf die Ganglienzellen hin, wie Wlassak's[1]) und Mrs Tanner's[2]) Präparate zeigen. Warum bilden nun Zellen, die in vielen Punkten der Organisation sich gleichen, so verschiedene Stoffe? Zuerst ist man geneigt, sich mit einer Worterklärung zu beruhigen. Man sagt, ja, den verschiede-

---

[1]) Wlassak, R., Die Herkunft des Myelin. Arch. f. Entwicklungsmech. 1898.

[2]) Tanner, Mrs., Mir vorliegende, noch nicht veröffentlichte Untersuchungen.

nen Zellen liegt ein verschiedener Keim zugrunde. Bald aber sieht man ein, daß man schärfer eindringen muß. Denn wenn unter Keim, niedergelegte Moleküle, verstanden werden, die sich den aus der Nahrung stammenden, neu hinzukommenden anschließen und mit ihnen vereinigt hier das Protagon, dort die Chondroitinschwefelsäure bilden, so ist das unmöglich. Allenfalls könnte das noch angenommen werden für die in den Zellen vorhandenen Moleküle, für jene Mengen aber, die an die Umgebung übergehen, ist das unmöglich. Da muß der Keim die Bedeutung eines Apparates haben, welcher die Bildung dieser Stoffe bewirkt. Diesen Apparat aber möchten wir eben kennen lernen. Wenn wir den vorigen Abschnitt gelesen haben, so liegt es nahe, zu denken, daß es die Semipermeabilität der Membranen ist, welche diese Zellen befähigt, so verschiedene Stoffe aus dem Strom, der sie bespült, auszulesen. Heißt das aber nicht einfach das Problem verlegen? Statt nach der Herkunft der Stoffe müssen wir jetzt nach der Herkunft dieser semipermeablen Membranen fragen. Und dann wissen wir auch, daß das Dasein derselben doch noch nicht ganz ausreicht, um die fortwährende Füllung der Zellen zu erklären. Wir haben ja schon im ersten Abschnitt des zweiten Teiles gesehen, daß durch sie nur entsprechend dem Konzentrationsgehalte die Zellen sich füllen können. Eine fortwährende Veränderung der Zellen ist die Bedingung für eine kontinuierliche Produktion eines Stoffes. Schon im ersten Abschnitt der speziellen Analyse haben wir die während des Jahres sich geltend machende Veränderung der Zellen unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte betont, als die Ursache der Ladung, welche die Zelle immer aufs neue erfährt. Ist nun diese unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte sich vollziehende Veränderung die Ursache der Verschiedenheit der Zellen? Die eine Veränderung, welche sich zeitlich an derselben Zelle vollzieht, hat sie etwas zu tun mit der anderen Veränderung, welche wir an örtlich verschiedenen Zellen finden? Auf den ersten Blick könnte man an so etwas denken, indem man sich erinnert an die Kristallformen, die verschieden sind nach der chemischen Verschiedenheit der kristallisierenden Stoffe. Dann aber sieht man gleich eine Reihe von Gründen, weshalb man diese Hypothese verwerfen muß. Erstens haben wir schon gesehen, daß die Formen in den lebenden Wesen nicht tot wie in den Kristallen, sondern veränderlich

lebendig von dem osmotischen Druck abhängen; zweitens wirken ja die kosmischen Kräfte nicht bloß auf eine Art von Zellen, sondern auf alle; drittens müssen ja semipermeable Membranen da sein, bevor sich die Zelle mit einem bestimmten Stoff füllen kann. Nicht in dem zeitlichen Verhältnis, sondern in dem örtlichen muß der Grund der Verschiedenheit liegen. Die zeitliche Veränderung betrifft den Inhalt der Zellen, die örtliche muß ihre semipermeablen Membranen, ihre Abgrenzung gegen die umgebenden Kräfte, ihre Hüllen betreffen. Was bedingt nun das örtliche Verhältnis zunächst? Die Nachbarschaft, d. h. die Beziehung zu anderen Zellen und Geweben, die durch eine Verbindung oder Begrenzung gegeben ist. Von gleichartigen Zellen können wir zunächst absehen, denn da würde uns die Betrachtung ja nicht weiter bringen, nur ungleichartige Gebilde können an die Zellen etwas abgeben, was sie verändert. Sehen wir uns in der Beziehung einmal die Ganglienzelle und die Knorpelzelle an. Die letztere liegt in einer nach allen Richtungen gleichartigen Umgebung, sogar gefäßlos ist der Knorpel. Sie ist auch ohne Fortsätze in einer Kapsel einer homogenen Substanz eingeschlossen. Anders die Ganglienzelle, sie empfängt vom Blute wie von den Nerven Stoffe, sie steht zu den Bahnen beider in inniger Beziehung. Was das Blut betrifft, so belehrt uns die Atmung, abgesehen von den anderen Tatsachen der Ernährung, von dem Übergehen von Stoffen aus dem Blut an die Ganglienzelle. Daß dieselbe zu den Bahnen der Nerven in Beziehung steht, brauche ich nicht hervorzuheben, aber ob sie von denselben auch Stoffe empfängt, wird man angesichts der neuerdings hervorgehobenen Unermüdbarkeit der Nerven nicht ohne weiteres zugeben. Ich habe in einem früheren Aufsatz[1]) zusammengestellt, was für das Übergehen von Stoffen spricht. Aber selbst wenn man darauf nicht eingehen will, wird man doch nicht leugnen können, daß in den Nerven etwas der Ganglienzelle zugeleitet wird, was die Stoffe, die sie aufbauen, beeinflußt. Ihre Gestalt, die Fortsätze, die sie den Nerven entgegenstreckt, die sie in die Nerven hineinsendet, sprechen eine zu beredte Sprache. Also der Zellenleib, die Zellenfortsätze, die Gestalt der Zelle werde beeinflußt von

[1]) Gaule, J., Was ist unser Nervensystem u. was geht darin vor? Zeitschr. f. Psych. u. Phys. der Sinnesorg. II.

ihren Beziehungen zu anderen Zellen und Geweben. Was bedingt diese nun? Das ist zunächst der Ort, an dem sie sich befindet. Frägt man nach der Ursache, weshalb sie sich da befindet, so muß man auf die Antwort in dem nächsten Abschnitt in der embryologischen Analyse warten. Aber der Ort ist es nicht allein. Wir haben gesprochen von den Stoffen, die durch das Blut, von den Stoffen oder Kräften, die durch die Nerven der Ganglienzelle zugeleitet werden. *Dafs sie es können,* davon liegt der Grund in dem Orte, an dem die Ganglienzelle sich befindet, *dafs sie es werden,* hat eine andere Ursache. Wir erblicken das in einem deutlichen Lichte, wenn wir uns fragen, wann denn eigentlich der Nerv Kräfte oder Stoffe der Ganglienzelle zuleite. Ja das geschieht dann, wenn die Umgebung an die Pforte des Organismus klopft, wenn ihre Kräfte Veränderungen an der sie begrenzenden Oberfläche des Organismus hervorrufen. Dann werden die Wirkungen dieser Veränderungen zur Ganglienzelle weitergeleitet. Es sind also drei Einflüsse, unter denen die Zelle steht, und diese drei Einflüsse bedingen ihre Gestalt wie ihren Inhalt. Das sind die kosmischen Kräfte, der Ort, die Kräfte der Umgebung. Die ersteren beeinflussen wesentlich den Inhalt, die letzteren die Hüllen der Zelle. Und in dem Wechsel gegenüber diesen, der bedingt ist durch den veränderten Zusammenhang, ist die Ursache für die Veränderung der Hülle und damit die Ursache für die in der Zelle aufgespeicherten und gebildeten Stoffe gegeben.

II. Der Gesamtorganismus.

Der Gesamtorganismus setzt sich zusammen aus Zellen. Er enthält Gesellschaften, in die die Zellen zusammentreten, und die Zahlenverhältnisse dieser Gesellschaften erinnern an die, die in den Molekülen sich finden, welche den Organismus aufbauen, und deren Zersetzung dem Leben zugrunde liegt. Treten die Zellen in solche Gesellschaften zusammen um einer chemischen Wirkung willen? Und welche Kraft macht sie zusammentreten? Was erfahren wir überhaupt über das Leben und die Wirkungen im Organismus? Wir haben da gehört von den chemischen Körpern, die sich bilden und zerstört werden während des Lebens, von den Verwandtschaf-

ten, die sich geltend machen, um aufzubauen und zu zerstören; wir haben gehört von dem gewaltigen Strom, der den Organismus fortwährend durcheilt. Wir haben gesehen, wie dieser Strom in jede Zelle, jede morphologische Einheit hineingeht, wie er Formen ändert, wie er Moleküle spaltet, wie er physikalische Kräfte wachruft. Wir haben zuletzt gesehen, wie sich der Organismus gliedert in Zellen und in Bahnen, wie in jedem einzelnen wieder mannigfache Teile sich finden und wie sie untereinander zusammenhängen. Wie aber entstehen alle diese Formen? Was steckt in den einen, daß sie die Entwickelung der anderen bedingen, wie ordnen sie sich zusammen, um den Gesamtorganismus aufzubauen, wie vereinen sie ihre Kräfte zu dem Gesamtleben, und wie hat jede einzelne an diesem Gesamtleben ihren eigentümlichen Anteil? Es ist die Lage der Zelle, haben wir zuletzt gehört, die ihre eigentümliche Natur bedingt. Die Gesamtheit dieser Lagen, die Form, die entstände, wenn man alle Lagen vereinte, würde also die Gesamtnatur des Organismus bedingen. Ist das nicht eine vollkommen fremdartige Forderung? Um sie zu verstehen, müssen wir uns erinnern, daß wir in dem betreffenden Kapitel die Lage als Ursache von der Benachbarung und den Zusammenhängen annehmen. Sie war uns der kürzeste Ausdruck für diese. Die Zusammenhänge durch die Bahnen aber bedingen nach diesem Abschnitt das gemeinschaftliche Leben der verschiedenen Teile des Organismus, die Zentralisation. In zwei Fällen haben wir ihre Wirkung genauer betrachtet, in der Änderung der mikroskopischen Bilder während der Tätigkeit der Pankreaszelle und in der Wirkung der Nerven auf den Muskel. In beiden Fällen wurden dem tätigen Element Stoffe zugeführt aus entfernten Gebieten des Organismus, in beiden Fällen wurden Verbindungen hergestellt zwischen Teilen, die in ganz verschiedenen Zellen versteckt lagen. Es war ein Akt der Tätigkeit, ein Aufblitzen des Lebens, eines Wesens, dessen verschiedene Abschnitte in verschiedenen Zellen sich fanden. Die Zellen sind also nicht eine Einheit, sie enthalten ja auch sehr verschiedene Teile.

Indem der Organismus diese Wesen trennt, indem er ihr Abschnitte auf verschiedene Zellen verteilt, ordnet er ihr Leben dem Zusammenhang unter, den er zwischen diesen Abschnitten herstellt. Das Leben des Organismus aber setzt sich aus diesen einzelnen Tätigkeitsakten, diesem Aufblitzen der Spezialleben zusam-

men. Jene beiden Verwirklichungen, die wir betrachteten, die Entfaltung chemischer Kräfte durch die Bildung der Fermente und mechanischer Kräfte durch die Formveränderung des Muskels sind die beiden Möglichkeiten, durch die der Organismus sein Gesamtleben behauptet. Indem er von ihnen Gebrauch macht und dadurch sein Gesamtleben weiter fristet, muß er auch das Spezialleben dieser Teile weiter entwickeln. Die Formbildung und Formveränderung der Zellen aber muß sich herleiten von dieser Weiterentwickelung, ebenso wie die der Bahnen von der Herstellung der Zusammenhänge. Was aber veranlaßt denn alle diese Einzelwesen zusammenzutreten, was bewirkt ihre Zertrennung in verschiedene Abschnitte, die Verteilung dieser Abschnitte auf verschiedene Zellen und Organe? Das ist etwas, wovon wir in dem Kapitel über Nerven und Muskeln zuerst gehört haben. Der Organismus muß doch eine Einheit bilden gegenüber all den Einzelwesen, aus denen er besteht, er muß all die Bahnen zentrieren, die ihre einzelnen Teile zum Zusammenhang bringen. Er muß diese einzelnen Bahnen wieder einander unterordnen, und er muß dafür sorgen, daß diese Bahnen nicht beliebig ins Unbestimmte hinauswachsen, sondern in den Organismus zurückkehren. Das geschieht durch jene eigentümliche Umordnung, von der wir in jenem Kapitel zu sprechen begannen, die bewirkt, daß das Wachsen, das Suchen des Zusammenhangs von den einen Elementen in gerade entgegengesetzter Richtung stattfindet als von den anderen.

Und wie wir dort sahen, sind hierdurch die Abkömmlinge verschiedener Keimblätter unterschieden. Schon in den frühesten Stadien embryonaler Bildung findet eine Ordnung statt, die teils verbleibt, teils wieder zerstört wird.

IV. Abschnitt.

Embryologische Analyse.

I, Spermatozoon und Ei.

In dem letzten Kapitel des vorigen Abschnittes wurde gesagt, daß die Aufgabe der Bildung der neuen Keime zwischen den beiden Geschlechtern halbiert sei. Ist das nicht ein grober Widerspruch gegenüber der Wirklichkeit, denn Spermatozoon und Ei verhalten sich doch nicht zueinander wie zwei Hälften? Wenn man anderseits die Gleichheit oder Ähnlichkeit des männlichen und weiblichen Individuums sieht, und wenn man mit der Rolle, welche die Bildung der Geschlechtsprodukte in dem Stoffwechsel spielt, sich vertraut gemacht hat, so verlangt man nach einer gewissen Gleichwertigkeit der beiden Arten von Geschlechtsprodukten. Freilich, Differenzen genug existieren zwischen den beiden Geschlechtern, und es ist die Aufgabe der fortschreitenden Wissenschaft, sie auf die Bildung der Geschlechtsprodukte zurückzuführen. Verschieden sind ja die Geschlechtsprodukte jedenfalls, aber so ungleichwertig wie die Geschlechtsprodukte erscheinen doch die geschlechtlichen Individuen nicht. Wenn daher der Ring des Getriebes, das dem Leben zugrunde liegt, in jedem Geschlecht zur Bildung der Geschlechtsprodukte führt, dann muß deren Beziehung zum Leben und deren Verschiedenheit genauer untersucht werden. Diese Verschiedenheit läuft zunächst einmal auf den Gegensatz zwischen Nuklein und Eiweiß hinaus. Wollen wir aber das Ei mit dem Spermatozoon vergleichen, so müssen wir es des Dotters berauben, der uns nur als eine Einlagerung erscheint. Wo der

Dotter nur zur Nahrung dient, wie bei den meroblastischen Eiern, ist er selbstverständlich dem Keime fremd, der nur als sein Magazin dient. Aber auch soweit der Dotter nur zur Blutbildung verwendet wird, erscheint er als eine Art von Einlagerung. His[1]) hat den weißen Dotter als Parablasten in Gegensatz gebracht zu dem eigentlichen Keim, dem Archiblasten; Rabl[2]) ist auf Grund der Befunde beim Amphioxus und anderen Tieren dagegen aufgetreten. Aber wenn man auch nicht Partei nimmt, so kann man doch nicht in Zweifel sein, daß all das Hämatogen, z. B. aus dem das spätere Blut entsteht, nur als eine Einlagerung in das Ei anzusehen ist. Nun enthalten die Spermatozoen auch Eiweiß. Ihre Hauptmasse besteht nach den Analysen von Schmiedeberg und Miescher[3]) aus nukleinsaurem Protamin. Die Protamine aber, hat uns Kossel[4]) belehrt, sind die einfachsten Eiweißkörper. Anderseits haben die Eier auch Kerne, enthalten demnach auch Nukleine. Aber der Kern der Eier ist etwas abweichend von dem der übrigen Zellen. Er verflüssigt sich zu dem Keimbläschen, in dem nur das Kernkörperchen als färbbarer Keimfleck schwimmt. Das mag zusammenhängen mit der Ausstoßung des größten Teils der Kernsubstanz, welche in den Polbläschen vor der Befruchtung stattfindet. Jedenfalls sieht man in den Eiern spielt das Eiweiß die Hauptrolle, das Nuklein die Nebenrolle; in den Spermatozoen ist umgekehrt das Nuklein die Hauptsache, die Protamine stehen der Menge nach an zweiter Stelle. Beide Geschlechtsprodukte enthalten daneben noch Cholesterin und Lecithin, also Lipoide, und Fett. Die Eier enthalten nach den Analysen von Kolb[5]) beim Frosche noch Glykogen, welches aber vor der Befruchtung sich vermindert, und ebenso mag, nach gewissen Reaktionen zu urteilen, auch bei der Bildung der Spermatozoen noch ein Kohlenhydrat vorhanden sein. Das Nuklein

[1]) W. His, Die Lehre vom Bindesubstanzkeim (Parablast). Arch. f. A. u. Phys. Anat. Ab. 1882.

[2]) C. Rabl, Über die Bildung des Herzens bei Amphibien. Morph. Jahrb. 1886.

[3]) Schmiedeberg und Miescher, Phys. chem. Unters. über die Lachsmilch. Leipzig 1896.

[4]) Kossel, A., Über die einfachsten Eiweißkörper. Sitzungsber. der Ges. f. Bef. d. Naturw. Marburg 1897.

[5]) H. Kolb, Chemische Untersuchung d. Eier v. Ra. temp. und ihrer Entwicklung. Inaug.-Diss. Zürich 1901.

welches die Spermatozoen enthalten, ist ein echtes Nuklein, aus dem sich die verschiedensten Purinkörper darstellen lassen. Wir erinnern uns aus der physiologisch-chemischen Analyse, daß es zwei Arten von Nukleinen gibt, neben dem echten das Paranuklein. Das Verhalten des Eikerns ist chemisch noch nicht genau untersucht. Mikrochemisch verhält er sich etwas abweichend von den Spermatozoenköpfen.

Wir erinnern uns weiter, daß das Paranuklein wesentlich in dem Kasein vorkommt, einem Körper, den das weibliche Geschlecht bildet, und vermuten, daß vielleicht auch der Eikern Paranuklein enthalte. Anderseits ist die Differenz zwischen dem Eiweiß, welches die Spermatozoen, und dem, das die Eier enthalten, nicht minder deutlich. Das erstere ist die einfache schwefelfreie Protamingruppe, das letztere enthält das schwefelreiche Cystin, abgesehen von Tyrosingruppen und anderen. Vielleicht existiert hier eine ähnliche Differenz wie zwischen Nuklein und Paranuklein. Wie kommt es nun, daß das männliche und weibliche Individuum Stoffe von so entgegengesetztem Charakter bilden. In dem Zyklus, den die Stoffe in dem Individuum durchlaufen, kommen sie alle vor. In der physiologisch-chemischen Analyse haben wir gesehen, wie in der Guanylphosphorsäure neben den Purinbasen auch Glyzerin und Pentosen sich finden und haben die Vermutung aufgestellt, daß die Kerne des Pankreas neben den echten Nukleinen auch die Paranukleine enthalten. Wir haben dann weiter gesehen, wie in dem Glutokyrin,[1]) das aus dem Collagen, der Interzellularsubstanz des fibrillären Bindegewebes dargestellt wird, sich fast alle die Bestandteile der Protamine wiederfinden. Und das Collagen ist auch schwefelfrei. Daneben haben wir in dem Protoplasma der Epidermiszellen, im Keratin die cystin- und tyrosinhaltigen Eiweißkörper.

Aus diesem Stoffwechsel löst nun das eine Individuum die einen Atomgruppen, das andere die entgegengesetzten heraus. Auch diese beiden sind miteinander verwandt. Auch in der physiologisch-chemischen Analyse haben wir gesehen, wie die Purinkörper als Pyrimidine aus der Polymerisation der Cyanalkyle und dann aus der Vereinigung dieser Pyrimidine mit den Glyoxalinen entstehen können.

---

[1]) Siegfried M., Zur Kenntnis der Hydrolyse d. Eiweißes. Abdr. a. d. Ber. der math. phys Kl. d. K. Sächs. Ges. d. Wissensch. Leipzig 1903.

Anderseits spalten sich aus den Eiweißkörpern bei der Bildung der Fette die Cyanalkyle ab, wenn wir diese Bildung als auf einer Hydrierung des in den Eiweißkörpern vorhandenen Ringes beruhend ansehen. In dem gesamten Zyklus aber nimmt nach unseren Betrachtungen in der ersten Abteilung die Fettbildung die oberste Stelle ein. Dann erscheinen Nukleinbildung und Eiweißbildung als zu verschiedenen Zeiten eintretende Phasen desselben Prozesses, des Grundprozesses des Lebens. Aber zu verschiedenen Zeiten werden doch die Geschlechtsprodukte nicht gebildet, männliche und weibliche Produkte werden doch gleichzeitig reif und müssen es werden, namentlich wenn wir uns an den Frosch halten, der unserer Betrachtung so oft zugrunde liegt. Da erinnern wir uns an etwas, was wir in der physiologisch-chemischen und in der histologischen Analyse gesehen haben: die eigentliche Umsetzung findet in den Zellen und unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte statt.

So auch die Bildung der Geschlechtsprodukte. Sie werden in den Geschlechtszellen und durch die kosmischen Kräfte gebildet. Jede kosmische Kraft aber hat zwei Phasen, eine ansteigende und eine absteigende. Wenn nun die Geschlechtsprodukte gleichzeitig reif werden, so muß dieselbe Phase in dem einen Individuum die einen, in dem anderen die anderen Produkte liefern. Beide Produkte sind Stadien, die in demselben Prozeß, in dem Grundprozeß des Lebens vorkommen, und sie werden durch dieselbe Phase der kosmischen Kraft gebildet, darum sind sie so verschieden. Ja weil die Geschlechtszellen verschieden sind. Die gleiche Phase wirkt in der einen Zelle auf das Protoplasma, in der anderen auf den Kern der Zelle. Warum aber sind die Geschlechtszellen verschieden? Die Anlage des Geschlechtes eines werdenden Individuums bildet sich sehr früh. Jeder neue Beobachter setzt sie früher als der vorausgegangene. Alle diese Anlagen beruhen, wie wir in dieser Analyse sehen werden, auf den Teilungen. Und wir sehen dann auch weiter, daß diese Teilungen in einer bestimmten Reihenfolge stattfinden, einer Reihenfolge, die bestimmt ist durch die Koordinatenebenen. Es gibt hier nur zwei Möglichkeiten, auf die Teilung in der X-Ebene folgt die in der Y-, dann die in der Z-Ebene, oder aber auf die X-Ebene folgt die Z- und dann die Y-Ebene. Diese beiden verschiedenen Reihenfolgen sind bestimmend für die Anlage der Geschlechter. Nach dem, was wir im letzten Kapitel

des vorigen Abschnittes namentlich gesehen haben, müssen wir annehmen, daß bei dem einen Individuum das Getriebe in dem Übergang von den Zellen der X- zur Y- zur Z-Ebene, in den anderen von der X- zur Z- zur Y-Ebene erfolgt. Kein Wunder, daß es bei den einen in der gleichen Phase der kosmischen Kraft angelangt sein wird, bei dem Kern, bei den anderen im Protoplasma. Wie aber eine solche Reihenfolge, ein solches Ineinandergreifen bestimmend war für die Bildung der Geschlechtsprodukte, so muß es auch bestimmend werden für den Aufbau des jungen Organismus.

2. Befruchtung.

Nicht jegliche Befruchtung beruht auf der Vereinigung von Spermatozoen und Ei. Es gibt auch eine Parthenogenesis. Schon lange kannte man sie auf natürlichem Wege, in neuester Zeit hat J. Loeb[1]) gezeigt, wie man sie auf künstlichem Wege herbeiführen kann. In ihrer einfachsten Form scheint sie ein osmotischer Vorgang. Eier des Seeigels, die sich sonst parthenogenetisch nicht entwickeln, zeigten die Erscheinungen, die nach der Befruchtung eintreten bis zur Bildung von umherschwimmenden Larven, wenn sie in ein Seewasser gelegt wurden, dem durch Zusatz eines Salzes hypertonische Eigenschaften verliehen wurden. Die weitere Untersuchung hat ergeben, daß die Parthenogenesis vervollständigt wird, wenn man zwei Akte des Vorgangs experimentell herbeiführt. Wenn J. Loeb[2]) die Eier des Seeigels in hypertonisches Seewasser (100 cc Seewasser + 15 Ccm . $2^1/_2$ N . NaCl) für 2 Stunden legte, so wurde ein gewisser Prozentsatz zur Bildung von Larven veranlaßt. Dieser Prozentsatz aber erhöhte sich auf 100, wenn die Eier aus dem hypertonischen Seewasser in normales Seewasser zurückgebracht wurden, dem man 4 Ccm $N/_{10}$ Essigsäure zugesetzt hatte. Ein Verweilen von 15 Sekunden bis 3 Minuten in dieser Mischung, dem ein Zurückverbringen in normales Seewasser folgte, leitete die Bil-

[1]) J. Loeb, Experiments on Artificial Parthenogenesis in Annelids (Chaetopterus) and the Nature of the Process of Fertilizatiom. Am. Journ. of Phys. IV. 1901.

[2]) J. Loeb, On an Improved Method of Artificial Parthenogenesis (2d Comm.) Univ of Cal. Publ. 2, 1905.

dung einer Membran und die weitere Entwickelung ein. Für die Parthenogenesis also genügen diese zwei Akte, die Osmose und die vorausgehende Wirkung der Säure. Es ist die Wechselwirkung der Bestandteile des Eikerns und des Eiprotoplasmas, welche nach unseren seitherigen Betrachtungen diese Wirkungen hervorruft. Im ruhenden Ei getrennt, werden dieselben durch die Osmose miteinander in Berührung gebracht und zur Wechselwirkung veranlaßt. Freilich nach den seitherigen Betrachtungen wäre man veranlaßt zu glauben, das sei identisch mit der Wechselwirkung von Nuklein und Eiweiß, indessen beginnt für uns neben der chemischen auch die morphologische Betrachtung. Diese aber kann der anorganischen Bestandteile nicht entbehren, und von ihnen haben wir seither noch nicht genügend gesprochen. Welche Wirkung haben sie? Bevor wir uns dazu wenden, wollen wir zunächst einmal die eigentliche Befruchtung mit der Parthenogenesis vergleichen. Daß der Eikern bei der letzteren das Spermatozoon ersetzen kann, zeigt, daß er nicht ganz des eigentlichen Nukleins beraubt ist. Vielleicht stößt das parthenogenetische Ei auch keine Polbläschen aus.

Jedenfalls deutet aber auch das Verhalten des Eikerns nach der Befruchtung auf eine gewisse Gleichartigkeit mit dem Spermatozoenkopf hin. Neben der Einleitung der Osmose, die vielleicht ersetzt wird durch das Eindringen einer gewissen Flüssigkeitsmenge in das Ei oder ein Herausdringen aus dem Ei, bei der Anbohrung durch den Spermatozoenkopf bringt das Spermatozoon noch eine gewisse Menge Nuklein in dasselbe hinein. Beide Nukleinmassen, die des Eis und des eingedrungenen Spermatozoenkopfes schmelzen alsbald zu Flecken von unbestimmter Form zusammen, die sich einander nähern und miteinander verschmelzen. Es entstehen vier Fäden, Fol[1]) hat das die Kernquadrille genannt, wovon zwei auf den Eikern, zwei auf das Spermatozoon zurückgeführt werden.

Diese vier Fäden bilden dann den ersten Kern, indem sie sich um ein Zentrum in Schleifen ordnen und die erste Teilung beginnt. Männliche und weibliche Kernfäden spalten sich dann der Länge

---

[1]) Fol, H., Recherches su la fécondation et le commencement de l'hénogenie. Mem. d. l. Soc. d. Phys. et d'Hist nat. Genève 1879.

nach und die beiden Hälften weichen auseinander. Wie männliches und weibliches Nuklein sich hierbei ergänzen, zeigt sich bei den Experimenten, die Boveri[1]) gemacht hat, indem er die Eier eines Seeigels durch Schütteln ihres Kerns beraubte und dann befruchtete. Das männliche Nuklein kann das weibliche ersetzen, wie das weibliche das männliche bei der Parthenogenesis. Und wie die neuesten Experimente von J. Loeb[2]) zeigen, kann ein fremdes männliches Nuklein, nicht das derselben Spezies, sondern das einer anderen zu dem weiblichen Nuklein hintreten, wenn nur die anderen Bedingungen der Befruchtung, die osmotischen, erfüllt sind.

Eine ungeahnte Perspektive von der Möglichkeit von Kreuzungen, von der Ausbildung von Variationen eröffnet sich uns mit dieser Trennung der Befruchtung in zwei verschiedene Vorgänge, der Auslösung des Gegensatzes zwischen Nuklein und Eiweiß einerseits, der Vereinigung des väterlichen und des mütterlichen Nuklein anderseits. Auf die Dauer aber kann diese Übertragung des väterlichen Nukleins nicht entbehrt werden. Wenn auch für einmal in dem parthenogenetischen Ei es bloß der Auslösung des Gegensatzes bedarf, wenn das sich auch ein paar Generationen hindurch wiederholen kann, dann muß doch eine Befruchtung wieder eintreten, eine geschlechtliche Generation muß die ungeschlechtliche unterbrechen. So sehen wir es sich überall wiederholen und schließen daraus, es bedarf nicht bloß der Vermehrung des Nukleins, es bedarf auch des anderen, des unter anderen Bedingungen ausgebildeten.

Bedarf es bloß des Nukleins, überträgt das Spermatozoon vom Vater nichts weiter als dieses? Das Nuklein des Spermatozoons hat nicht bloß eine chemische Bedeutung, der ganze Bau des Spermatozoons, die Art, wie die Nukleinmoleküle zusammengefügt sind, teils untereinander, teils mit anderen muß auch seine Wirkung haben. Wenn die Annahmen, zu denen wir in den seitherigen Kapiteln gelangt sind, richtig waren, wenn nämlich die Geschlechtsprodukte den Höhe- und Wendepunkt des gesamten Stoffwechsels dar-

---

[1]) Boveri, Über die Befruchtungs- und Entwicklungsfähigkeit kernloser Seeigel-Eier usw. Arch. f. Entwickl. m. II, 1895.

[2]) J. Loeb, The Fertilization of the Egg of the Sea-Urchin by the Sperm of the Star-Fish. Univ. of Cal. Publ. 1, 1903.

stellen, wenn dieser Stoffwechsel auf den Einwirkungen verschiedener Lebewesen, die in dem Gesamtwesen enthalten sind, aufeinander beruht, dann muß das Spermatozoon in seinem Aufbau diesen ganzen inneren Kampf widerspiegeln. Das Zusammentreffen seiner Substanzen mit denen des Eis muß diesen Kampf erneuern. Bei einem so komplizierten Prozeß müssen wir die Zwischenglieder sehen, und diese Zwischenglieder müssen ein Licht auf die physikalisch-chemischen Vorgänge werfen. Es handelt sich ja bei dieser embryologischen Entwickelung um die Bildung von Formen. Für deren Entstehen ist gewiß das chemische Geschehen von Wert, aber sollte es nicht auch umgekehrt sein? Wirft die Wichtigkeit der Osmose für die Parthenogenesis nicht darauf ein Licht?

Nun haben wir es mit kolloid gelösten Substanzen zu tun. Auf deren Lösung oder Suspension haben nach der physikalisch-chemischen Analyse die anorganischen Elemente den entscheidenden Einfluß. Wir können sie suspendieren oder ausfüllen durch deren An- oder Abwesenheit. Mehrwertige und einwertige Elemente kommen in Betracht. Silicium sowie Kalk und Magnesia unter den mehrwertigen, Kali und Natron bei den einwertigen spielen nach unseren seitherigen Betrachtungen die Hauptrolle. Das Eisen können wir einstweilen aus dem Spiele lassen. Es sind also von den mehrwertigen allein Silicium und Kalk, sowie die dem Kalk stets folgende Magnesia, auf die es bei der Befruchtung ankommen kann. Kalk findet sich nach den Analysen Mieschers[1]) in den Spermatozoenköpfen. An den Vogeleiern findet er sich als Schale, und die Löslichkeit der Hüllsubstanz der Froscheier in Kalk und Barytwasser, die Giakosa[2]) und Kolb[3]) gefunden haben, scheint auch auf seine Anwesenheit hier hinzudeuten. Aber in dem eigentlichen Ei spielt wohl eine andere Substanz eine Rolle, die wie Kolb[4]) für Froscheier fand, denselben eine außerordentliche Schwerlöslichkeit verleiht. Das kann nicht Kalk sein, denn gerade in Alkalien sind

---

[1]) Miescher in Schmiedeberg und Miescher, Physiol. chem. Untersuch. der Lachsmilch. Leipzig 1896.

[2]) Giakosa, Etudes s. l. compos. chim. de l'oeuf et de ses enveloppes chez la gren comm. Zeitsch. f. phys. Ch. 7.

[3]) Kolb, H., Chem. Unters. d. Eier v. Ratemp. Inaug.-Diss. Zürich 1900.

[4]) Kolb, H., l. c.

die Eier leicht löslich; man wird zur Vermutung geführt, daß es Kieselsäure sei. Dann hätte man für die Kernsubstanzen Kalk, für die Protoplasmasubstanzen Kieselsäure, welche die kolloidale Suspension bedingt.

Aber diese anorganischen Elemente, in welcher Form sind sie selbst vorhanden? Wenn sie eine kolloidale Masse suspendieren helfen, sind sie selbst nicht kolloidal? Die Kieselsäure in ihrer kolloidalen Modifikation ist bekannt, sie gewinnt in ihr durch Verdünnung die außerordentlich feine Verteilung, welche allein ihre Anwesenheit in den organischen Geweben, in denen die Analyse sie mit Mühe nachweist, erklärlich macht. Das Eisenoxydhydrat, das freilich erst für das Blut, für das mittlere Keimblatt näher in Betracht kommt, hat die kolloidale Modifikation, sollte nicht auch der Kalk sie haben? Nun kennt man an einer Kalkverbindung ein gallertiges Auftreten, welches nicht wohl anders als kolloidales interpretiert werden kann. Das ist das Tricalciumphosphat, dasselbe, das in den Knochen, in den Pflanzen vorkommt. Sollte diese kolloidale Modifikation des Tricalciumphosphates auch den Kernen zugrunde liegen? Sollte sie sich auch in den Spermatozoenköpfen finden, die von den Kernen herstammen?

In dem Ei schmilzt der Spermatozoenkopf plötzlich zusammen. Was vorher in den alkalischen oder neutralen Flüssigkeiten, in denen das Spermatozoon schwamm, ganz unlöslich war, wird gegenüber den Substanzen des Eis plötzlich löslich. Es ist nicht das Nuklein, welches gelöst wird, denn die Färbung zeigt, wie es sich erhält; die Grundsubstanz ist es also doch wohl der Kalk. Wenn von ihm die Form abhing, so geht er jetzt in eine neue Form über, denn nun entstehen die Fäden des Muttersterns. Was mag das für eine neue Form sein? Wir beginnen den Zusammenhang zu ahnen, wenn wir uns erinnern, daß das Nuklein das organische Substrat der Kernfäden mit diesem unorganischen einen Bestandteil gemeinschaftlich hat. Das Nuklein, wenigstens die färbbare Masse vermehrt sich, bei der Entstehung des Sterns, die Grundsubstanz geht in eine andere Modifikation über. Sollte das damit zusammenhängen, daß das Tricalciumphosphat die Grundsubstanz der Kerne Phosphorsäure an das Nuklein ihre organische Substanz abgibt? Wäre dies das erste Beispiel von dem Zusam-

menhang des physiologisch-chemischen und physikalisch-chemischen Geschehens und von der Wirkung des Chemismus auf die Formbildung?

---

3. Teilungen.

In der embryologischen Entwickelung, beim Wachstum geht alle Zellvermehrung durch Zellteilung vor sich. Von dem Momente der Befruchtung oder der Auslösung der Parthenogenesis an bis zur Vollendung des Wachstums kommt dieser Vorgang nicht zur Ruhe. So viel haben wir im vorigen Abschnitt gesehen, es handelt sich bei der Zelle um eine kolloidale Masse von bestimmter Gestalt, sagen wir einen kolloidalen Tropfen einstweilen, und durch Vorgänge in dem organischen Inhalt dieser Tropfen werden Veränderungen an der anorganischen Grundlage hervorgebracht. Was wir zunächst sahen, betraf den Kern. Das Tricalciumphosphat, welches seinem Kolloid zugrunde lag, gab Phosphorsäure an das Nuklein ab und ging dabei in den Zustand der festen Ausscheidung über. Das lag der Entstehung des Muttersterns zugrunde.

In ihm beruht die formgebende Grundlage nicht mehr auf dem Tricalciumphosphat. Auf was denn? Erinnern wir uns aus der physiologisch-chemischen Analyse, daß die Guanylphosphorsäure, also die Substanz der Kerne des Pankreas, auch Pentosen enthält. Es gibt zwei Arten von Kohlenhydraten, die sich durchaus gleichen bis auf die Drehung der Polarisationsebene. In der physikalisch-chemischen Analyse haben wir von Pasteur gelernt, welche Rolle die Polarisation bei den lebenden Wesen spielt. Nun sehen wir bei der Karyokinese die Fäden des Muttersterns der Länge nach in zwei gleiche Fäden sich spalten. Nach rechts und links treten sie auseinander. So wird eine racemische Verbindung in eine rechts- und eine linksdrehende Komponente gespalten, die sich im übrigen völlig gleich sind. Sollte nicht eine Beziehung existieren zwischen dem Gehalt eines Kernes an Kohlenhydraten und seiner Teilung. Gehen diese Kohlenhydrate, wenn das Tricalciumphosphat seine Dienste versagt, in den kol-

loidalen Zustand der Grundlage über? Eine kolloide Existenz haben sie ja auch.

Die fadenförmige Anordnung in dem Tochterstern aber hat keinen Bestand. Es stellt sich der Ruhezustand des Kerns wieder her, jetzt in verdoppelter Existenz in zwei Tochterkerne. Das bedeutet eine Rückkehr zu der Grundlage von Tricalciumphosphat. Um das zu bewirken, muß der Abgabe von Phosphorsäure, die vorhin erfolgte, jetzt die Abgabe von Kalk folgen, damit das Gleichgewicht sich wieder herstelle. Wohin geht der Kalk? Ja zwischen den beiden Sternen hat sich in der Mitte etwas ausgeschieden, die Scheidewand, die künftighin die beiden neuen Zellen trennen wird. An sie ist von beiden Seiten her der Kalk abgegeben worden, und wir werden im nächsten Abschnitt schon lernen, was er für sie bedeutet. Unsere Betrachtung der Teilung ist indessen noch nicht zu Ende. Wir haben nur den Kern ins Auge gefaßt, aber wir kennen außerdem noch zwei Hauptbestandteile der Zelle, das Protoplasma und das Plasmosoma.

Beide sind wieder zusammengesetzt, wie wir damals sahen. So kennen wir im Protoplasma den Achromatinstern, d. h. die Anordnung des Protoplasmas in Fäden, die zu der entstehenden Scheidewand Stellung nehmen. Ist die kolloidale Grundlage des Protoplasmas Kieselsäure, wie wir im vorigen Kapitel vermuteten, so muß an der Stelle, wo die Zellen sich trennen, wo die Scheidewand entsteht, dieses Kolloid durchbrochen werden. Das kann nur durch etwas geschehen, was die Kieselsäure löst. Dieses Etwas ist ein einwertiges anorganisches Element, Kali oder Natron. Es wandelt die Kieselsäure in das lösliche kieselsaure Natron oder Kali um, und damit ist die Basis für die Entstehung der Scheidewand, welche die beiden Tropfen trennt, gegeben. Ein einwertiges aus dem Protoplasma, ein zweiwertiges Element aus dem Kern sind an diese Scheidewand hingewandert, das mag nicht ohne Einfluß bleiben auf den dritten Bestandteil der Zelle, das Plasmosoma.

Haben wir im Eingang dieses Kapitels für die Zelle den Ausdruck gebraucht kolloidaler Tropfen, so sehen wir jetzt, dieser Tropfen ist dreifach, dreierlei Bestandteile sind ineinander geschachtelt. Jeder Bestandteil aber hat seine kolloidale Grundlage. Nimmt das Protoplasma die Kieselsäure, der Kern

das Tricalciumphosphat in Anspruch, so bleibt für das Plasmosoma das Eisenoxydhydrat. Und die Plasmosomen sind eisenhaltig, wie die Untersuchungen J. Arnolds[1]) ergeben haben. Das Eisen hat nun die Eigentümlichkeit, daß es unter dem Einfluß des Sauerstoffs der Luft seine Wertigkeit wechselt. Als Oxydhydrat ist es dreiwertig, bei Mangel an Sauerstoff geht es in den zweiwertigen Zustand als Oxydul über. Als Oxyd werden zwei Eisenatome durch den Sauerstoff zusammengehalten und wir schreiben das Eisenoxyd Fe_2O_3. Im Eisenoxydul dagegen isoliert sich ein Eisenatom FeO. Das ist also auch eine Spaltung in zwei gleiche Hälften, wenn bei der Reduktion das Eisen in Oxydulbindung übergeht. Und bei diesem Übergang wird sich die Bindung zur dreiwertigen Phosphorsäure lockern, die vorher das Plasmosoma an den Kern band. Jetzt, während das Plasmosoma entsprechend der Reduktion des Eisens sich spaltet, bindet sich die Phosphorsäure an die Scheidewand, in die das zwei- und das einwertige Kation gewandert sind, um dann, wenn das Eisen durch Oxydation wieder dreiwertig geworden ist, um das Plasmosoma, das nunmehrige Zentrosoma sich wieder herumzuordnen. Reduktion im ersten, Oxydation im zweiten Stadium würde also der Verlauf der Teilung bedeuten.

Gibt nicht das Plasmosoma oder wie man es im Ei und bei der Teilung gerne nennt, das Zentrosoma den Ausschlag für die Teilung? Fast möchte man es glauben, wenn man den Vorgang bei der Befruchtung ins Auge faßt. Denn nicht der Kopf des Spermatozoon, der nuklein- und kalkhaltig ist, leitet die Teilungen ein, sondern das Mittelstück der Zellen, wie uns Boveri[2]) lehrte. Das Mittelstück aber hat seine Wirkung auf das Zentrosoma, es ist diesem in mancher Beziehung ähnlich.

Nun ist es eine Eigentümlichkeit der Teilungen, die sich an die Befruchtungen anreihen, daß sie in drei aufeinander senkrechten Ebenen sich aneinander anschließen. Roux[3]) hat uns das gezeigt. Ich habe das früher schon benützt. So entstehen drei

---

[1]) J. Arnold, Siderofere Zellen u. d. Granulalehre. Anat. Anz. XVII, 1900.

[2]) Boveri, Th., Über d. Verhalten d. Zentrosomen bei d. Befruchtung d. Seeigel-Eier. Verh. d. phys. med. Ges. Würzburg n. F. XXIX. 1895.

[3]) Roux, Beitr. z. Entwicklungsmech. d. Embryo. Bresl. ärztl. Zeitschr. 1885.

aufeinander senkrechte Scheidewände, und wir haben, wie ich bald zeigen werde, allen Grund anzunehmen, daß dieselben nicht einander gleich sind. Warum? Der Vorgang ist bei jeder Teilung derselbe, bei jeder Teilung sind alle Zellbestandteile beteiligt. Aber nur die erste Teilung wird durch die Befruchtung eingeleitet.

Was leitet die folgenden ein? Die Bildung der ersten Scheidewand muß ihren Einfluß geltend machen. Aber das was bei der ersten Teilung in dieselbe niedergelegt worden ist, kann doch nicht einfach in die Zellen zurückkehren, das würde ja die Teilung einfach rückgängig machen. Es muß eine Änderung der Reihenfolge stattfinden. Was von dem Plasmosoma ausging, wirkt jetzt auf das Protoplasma und so fort. Demgemäß ist auch die Einteilung der aufeinander folgenden Teilungen verschieden. Wurde die erste vom Plasmosoma eingeleitet, so wird die zweite vom Protoplasma, die dritte vom Kern eingeleitet, oder umgekehrt. Denn diese beiden Möglichkeiten sind vorhanden.

Schon im ersten Kapitel dieses Abschnitts habe ich das gesagt, und habe weiter gesagt, damit ändert sich in dem entstehenden Organismus das Geschlecht. Dort meinte ich, es macht die Differenz aus, ob auf die X-Ebene die Y- oder Z-Ebene der Teilung eintritt, hier sage ich, es kommt darauf an, ob nach dem Plasmosoma zuerst der Kern oder das Protoplasma die Teilung einleitet. Aus den vorausgehenden Bemerkungen ergibt sich, wie beides dasselbe ist.

---

4. Die Scheidewände.

Nicht bloß Tropfen einer kolloidalen Substanz sind die Zellen, sie haben auch ihre äußere Begrenzung, ihre Hüllen. Wie könnten sie sonst eine bestimmte Gestalt behaupten? Und von diesen Hüllen haben wir ja in den vorausgegangenen Abschnitten viel gesprochen, sie sind diejenigen, durch welche die Osmose stattfindet, diejenigen, welche uns veranlaßten, die Zellen als Blasen zu benennen. Wie diese Hüllen aber gebildet werden, haben wir eben gesehen, die Scheidewände sind ein Teil davon. In drei aufeinander senkrechten Ebenen werden diese Scheidewände ge-

bildet, dahinein reihen sich alle Möglichkeiten. Soweit die Zelle also nicht an die Außenwelt angrenzt, wird sie durch eine solche Scheidewand eingehüllt sein.

Diese Scheidewände haben indessen noch eine andere Bedeutung. Wenn sie Zellhüllen sind, so müssen sie, da sie bei der Teilung entstehen, immer doppelt sein, eine für die eine, die andere für die andere Seite. Dann muß zwischen diesen beiden Hüllen ein gewisser Raum übrig bleiben. Dieser Raum reicht bis an die äußere Oberfläche, die Furchung, der Effekt der Teilung verrät uns, wo er hier endet. Wir haben also in diesem Raum eine Bahn, die von der äußeren Oberfläche in den sich bildenden Organismus hinein- und wieder hinausführt. Wenn wir uns der histologischen Analyse erinnern, fällt uns ein, daß wir die Bestandteile des Organismus einteilten in Zellen und in solche Bahnen. Den Ursprung dieser Bahnen erkennen wir hier. Mehr noch — in der ursprünglichen Anlage haben wir drei solcher Bahnen, die senkrecht aufeinander stehen. Alle übrigen sind Wiederholungen dieses Ursprungs.

Im erwachsenen Organismus und im Foetus noch deutlicher, aber erkennen wir drei verschiedene zueinander senkrechte Bahnen, Gewebe nennen wir sie. Wir haben die Cerebrospinalnerven, die paarweise den Organismus umfassend im Rumpf des Menschen die horizontale Richtung vertreten. Wir haben darauf senkrecht sowohl die Anlage des Gefäßsystems, am längsten vertreten durch die Aorta, und des Sympathikus, am längsten vertreten durch den Grenzstrang.

Das Zentralnervensystem, namentlich das Rückenmark, so schalte ich hier ein, weil man diesen Einwand auf der Zunge haben wird, erweist sich als eine eigentümliche Kombination des cerebrospinalen und sympathischen Nervensystems. Ich werde davon später noch sprechen. Nun sind zwei vertikale Richtungen möglich, die der Sagittal- und der Coronarebene entsprechen. Die eine davon entfällt dem Gefäß-, die andere dem sympathischen Nervensystem. Wenn das so ist, dann hätten wir in unseren drei primitiven Bahnen die Anlagen jener künftigen Gewebe zu suchen.

Zur weiteren Bestätigung erinnern wir uns der Schlußkapitel der histologischen Analyse, dort betrachteten wir die Wechselwirkung zwischen Bahnen und Zellen. Dabei lernten wir, die Zellen

empfangen einen Inhalt von den Bahnen, dieser Inhalt wird in ihnen umgebildet, und das was zum Bau von Zellhüllen dienen konnte, wird von den Zellen an die Bahnen wieder abgegeben. Genau dasselbe haben wir hier. Die Scheidewände, also Zellhüllen, werden von den Zellen gebildet, und der Zellinhalt wird von den Bahnen an die Zellen abgegeben, sei es, daß er von außen empfangen wird, sei es, daß er bei jenem Vorgang der Befruchtung von einer Zelle an die andere abgegeben wird, wie ich im vorigen Kapitel schilderte. Dreierlei verschiedene Gewebe entstehen aus diesen drei Bahnen, und gleichfalls dem vorigen Kapitel entnehmen wir, wie die drei Bahnen resp. Scheidewände, die sie umgeben, den drei verschiedenen Zellbestandteilen Kern, Protoplasma und Plasmosoma ihre Entstehung verdanken. Das bedeutet zweierlei. Erstens wird uns die dreifache Einschachtelung der Grundsubstanzen und ihre Erhaltung erst verständlich, wenn wir einsehen, wie jede derselben mit einem Teil der Zellmembran in Verbindung ist. Eine eigentümliche Aufwindung muß dadurch im Zellinnern entstehen, die mannigfache Erscheinungen bedingt, die unter Umständen auch direkt sichtbar wird.

Zweitens aber müssen die verschiedenen Teile der Zellmembran auch verschiedene Zusammensetzung haben, wie sich sowohl aus dem Ursprung wie aus den Endschicksalen ergibt. Der Ursprung betrifft die Zellhüllen. Sie entstammen verschiedenen Zellbestandteilen, und sie müssen organischer Natur sein. Im Grunde hat man nach unseren physiologisch-chemischen Betrachtungen nicht viel andere Wahl als zwischen Fett, Eiweiß und Kohlenhydraten, wenn man die Stoffe den großen Gruppen unterordnet. Es gäbe freilich auch das Nuklein, aber das würde man an der Färbung sofort erkennen, und da die Zellhüllen sich nicht färben, so können wir es ausschließen. Nehmen wir nun jene Scheidewand, die von dem Kern herrührt, wenn der Kern nicht Nuklein abgegeben hat, so können es nur Kohlenhydrate gewesen sein. Das stimmt mit der Erfahrung, daß die Scheidewand sich ausbildet, sobald der Kern aus dem Sternzustand, in dem die Kohlenhydrate seine kolloidale Grundlage bildeten, wieder in den Ruhezustand mit dem Tricalciumphosphat als Grundlage übergeht. Im ersten Stadium ist Kalk abgegeben worden an die Scheidewand. Derselbe ist am weitesten von den künftigen Mittelpunkten weg,

also in den Raum zwischen den Zellen gegangen. Im zweiten Stadium erfolgt die Abgabe von Kohlenhydraten, die die Wand bilden, etwa ebenso wie die Zellulose die Wand der Pflanzenzelle bildet. Nur wird man hier eine andere Modifikation der Kohlenhydrate, vielleicht das Glykogen vor sich haben. Sodann wenden wir uns der zweiten Scheidewand zu, die von dem Protoplasma herstammt. Von allen Zellbestandteilen ist allein das Protoplasma fettreich, man hat es einer Emulsion verglichen. Nur aus dem Protoplasma kann deshalb das Fett der Zellhülle stammen, und daß die Zellhülle gegenüber manchen Bahnen fetthaltig sei, wissen wir aus Overtons[1]) Untersuchungen. Wir nehmen daher die Fettscheidewand als dem Protoplasma entsprechend an. Die dritte Wand würde aus Eiweiß bestehen.

Nun kennen wir Zellen, die ein Eiweiß, und zwar ein schwefelfreies, ausscheiden, das sind die Zellen des collagenen Bindegewebes bei der Bildung der Interzellularsubstanzen. Zu dem Bindegewebe aber stehen die Plasmosomen in einer Beziehung. Sie sind ja eisenhaltig wie das Blut auch, das eine Bildung des Bindegewebes ist. Wir werden nicht fehlgehen, wenn wir annehmen, daß sie das Eiweiß der Zellhülle produzieren, und zwar ein schwefelfreies, collagenes. So wäre die Zellhülle eine dreierlei verschiedene, und drei verschiedenen Bahnen sind diese Grenzen zugekehrt. Von der einen Bahn kann die Zelle aufnehmen, was durch die Kohlenhydratmembran hindurchgeht, von der anderen Bahn das, was durch die Fettmembran hindurchgeht.

So kommt auf ihre Lage zu diesen Bahnen alles für die Ladung der Zelle für ihre Ernährung an. Und diese Bahnen sind das Blut, die cerebrospinalen, die sympathischen Nerven. Mit allen dreien ist jede Zelle ursprünglich in Verbindung. Aber nicht alle diese Verbindungen werden in gleicher Weise entwickelt infolge eines Verhältnisses, das wir bald besprechen. Aber auch diese Bahnen werden anderseits von den Zellen her entwickelt, und dafür ist wieder das Verhältnis der Scheidewände bestimmend. Zwar bilden die Zellen die Hüllen für sich, aber das, was aus den Zellen durch die Hüllen zur Scheidewand hindringt, ist doch durch ihre osmotischen und chemischen Eigenschaften bedingt.

[1]) Overton, E., Über d. osmot. Eigenschaften d. lebend. Pflanzen- und Tierzellen. Vierteljahrsschr. d. Naturf.-Ges. in Zürich 1895.

So sehen wir in den Cerebrospinalnerven, die von dem Protoplasma durch die Fettscheidewand getrennt sind, sich die Markscheide entwickeln, in den sympathischen Nerven dagegen, die die Kohlenhydratscheidewand als Begrenzung haben, machen sich zahlreiche Kerne bemerkbar. Dieser Reichtum an Nuklein ist zweifellos der Verwandtschaft der Purinkörper zur Phosphorsäure und den Pentosen zu danken. In dem Blute endlich haben wir das Eisen in Verbindung mit dem Eiweiß und denken an die Beziehung zu der Eiweiß-Eisenverbindung in den Plasmosomen. Jegliche Möglichkeit der Zufuhr zu den Zellen, wie der Abfuhr aus den Zellen ist so durch die drei den Organismus durchziehenden Bahnen und ihre Verbindung mit den drei Zellbestandteilen gegeben. Der Lebensprozeß erscheint einfach, die Zellen gleichartig, gleichwertig. Aber können sie das bleiben, wenn sich der Organismus entwickelt, steckt nicht in ihnen jetzt schon eine Differenzierung?

---

5. Das Morula-, Blastula- und Gastrulastadium.

Den vorausgegangenen Kapiteln verdanken wir eine Einsicht in den Vorgang der Teilung, der sich in dem befruchteten Ei vollzieht. Aber wie wächst dasselbe? Wie vermehrt sich die Substanz, an der die Teilung stattfindet? Man hat dem sich vergrößernden Ei den Namen der Furchungskugel gegeben oder der Morula nach den Rinnen und den Hervorwölbungen, die sich an der Oberfläche geltend machen, entsprechend den Abwechselungen der Scheidewände und der Zellen.

In diesem einfachsten Zustande, noch ohne alle Hilfsmittel ist es nur die Osmose, welche das Wachstum bewirkt. Aus der umgebenden Flüssigkeit geht ein fortwährender Strom in das Ei hinein. Alle Konzentrationsdifferenzen machen sich geltend, und die Morula wird schon vergrößert durch den Wasserstrom allein. Dieses Wasser aber enthält auch Stoffe gelöst, deren Moleküle es mit hineinführt, soweit die Semipermeabilität der Membranen deren Durchtritt gestattet.

Die Differenzen der Semipermeabilität machen sich in der Rauhigkeit der Oberfläche geltend, die zu dem Namen Morula Veranlassung gegeben hat. Die Scheidewände und die Zellen,

welche dieselbe bilden, haben nicht dieselbe Art der Semipermeabilität.[1]) Stoffe, die die einen durchlassen, lassen die anderen nicht durch. Es kommt daher zu gewissen Differenzen der Konzentrationen zwischen beiden, und somit zu gewissen Differenzen des Wassergehalts, des Grades der Quellung und Schwellung.

Schon bereitet sich nun ein neues Stadium vor. Die Ströme, welche von allen Seiten durch die Zellen und die Scheidewände der Morula hindurchdringen, treffen in der Mitte zusammen. Was für weitere Vorgänge die Stoffe, welche diese Flüssigkeitsströme mit sich führen, erwarten, das hat sich bei diesem Durchtritt abgespielt. Die Stoffe sind teils festgehalten, teils verändert worden. Sowohl die äußeren wie die inneren Membranen waren für sie permeabel. Es stellt sich jetzt die gleiche Konzentration für sie im Innern der Morula her, wie sie außen ringsum dieselbe herrscht. Daraus ergibt sich, daß jetzt im Innern der Morula eine Höhle sich finden muß, erfüllt von einer Flüssigkeit von ähnlicher Beschaffenheit, wie sie die Morula umgibt. Mit anderen Worten, die Morula ist zur Blastula geworden. Und diese Blastula wächst durch den Strom, der fortwährend in sie hineingeht. Außen zu den Zellen bringt der Strom die in der Flüssigkeit gelösten Stoffe hin, die Zellen halten diese Stoffe zurück, sie verbinden sie mit ihrem Inhalt und erneuern auf diese Weise immer wieder die Konzentrationsdifferenz, die zwischen ihnen und der umgebenden Flüssigkeit, der Nährlösung, wie wir jetzt sagen wollen, besteht. Indem sie diese Stoffe aber niederschlagen, vergrößern sie ihren Inhalt und geben Anlaß zu neuen Teilungen. Der Gegensatz in dem Wassergehalt der einzelnen Teile muß sich in ihrem elektrischen Zustand geltend machen.

Und mit dieser Teilung vollzieht sich auch der Gegensatz zwischen den verschiedenen Membranen; dreierlei sind diese Membranen, haben wir gesehen, die eine Zelle begrenzen, und in drei verschiedenen Koordinatenebenen vollzieht sich die Teilung. Nun bemerkt man schon bei dem Ei des Frosches eine gewisse Differenz zwischen den beiden Polen, wie wir die Endpunkte der Hauptachse nennen. Man unterscheidet den animalen und den vegetativen Pol. Der erstere ist pigmentreich, er ist dem Lichte

[1]) R. Höber, Über die Resorption im Darm. Pfl. Arch. 86, 1901.

zugekehrt, er ist auch leichter, d. h. fettreicher als der vegetative. Wir führen das zurück auf die Differenz, die sich zuerst in dem Ei nach den verschiedenen Richtungen geltend macht. In der einen Richtung ist die Zelle fettreicher, ist ihre Membran fetthaltig, lipoid, haben wir schon früher gesehen. Nun vollziehen sich die Teilungen, die Zellen, welche aus diesen Teilen entstehen, werden fetthaltiger sein. Aber jede Zelle, das wissen wir auch, wird wieder von drei Teilungsmembranen begrenzt und die sind unter sich verschieden. Auch die fettarmen Zellen haben eine fetthaltige Membran, auch die fettreichen eine fettarme. Nun hat sich in der Blastula diese Teilung vollzogen. Die Richtungen dieser Teilungsmembranen in bezug auf das Innere und Äußere dieser Blastula aber werden nicht die gleichen sein. Am animalen Pol, die fettreichen Zellen haben ihre lipoide Membran nach einer anderen Seite gerichtet, als am vegetativen Pol die fettarmen.

Daraus ergibt sich ein verschiedenes Verhalten gegenüber der Osmose, Denn auf allen Seiten, an beiden Polen grenzt die Flüssigkeit von außen an die Zellen. Von allen Seiten stoßen die Moleküle derselben und die in ihr gelösten Stoffe mit der Gewalt des osmotischen Druckes auf die Zellen auf. Wo die Membranen für diese Moleküle permeabel sind, üben diese Stöße keine Gewalt aus, wo sie es aber nicht sind, da sehen wir einen Kampf zwischen der Gewalt dieser Stöße und der Festigkeit der Wand sich entspinnen. Von der Gewalt der Stöße geben uns Experimente und Beobachtungen kund, und wir wissen, wie organische Membranen unter ihrem Einfluß sich einbiegen. Wir wundern uns daher nicht, daß am animalen und am vegetativen Pol, wo verschiedene semipermeable Membranen die Zellen gegen die äußere Flüssigkeit abgrenzen, etwas Verschiedenes geschieht. An dem animalen Pol, wo die Moleküle eingelassen werden, wölbt sich die Membran heraus; am vegetativen Pol, wo die Membran nicht permeabel ist, wird sie durch den osmotischen Druck eingebogen. So entsteht die neue Form, die Gastrula. Während im Blastulastadium eine Höhlung das Innere erfüllte, ist nun an der Außenseite des Keims ein Hohlraum aufgetreten. Zwei Lager von Zellen übereinander gelegt, umschließen diese Höhle. Es macht sich zum erstenmal die Differenz zwischen der chemischen Natur dieser beiden Lagen, durch die Verschiedenheit ihrer osmotischen Eigenschaften geltend.

Die Flüssigkeit, welche das Innere der Blastula erfüllte, ist nun zum größten Teil verschwunden. Teils wird sie unter dem Einfluß des Druckes, dem sie ausgesetzt war, die umschließende Membran passiert haben. So weit sie Wasser war, ist das ja sicher der Fall, denn hierfür war die Membran an beiden Polen wie an dem Äquator permeabel. Teils wird sie in die umschließenden Zellen übergegangen sein.

6. Die drei Keimblätter.

Wir berühren eine vielumstrittene Frage. Folgen wir zunächst einmal Hertwig. Ursprünglich existiert eine einzige Zellenlage, welche die Morula umgibt. Das wäre das erste Keimblatt. Dann erfolgt die Einstülpung, welche die Morula zur Gastrula macht. Wir haben eine konkave, darüber eine konvexe Zellenlage, aus dem ersten Keimblatt sind zwei, ein äußeres und ein inneres geworden. Jetzt setzt sich die Einstülpung, die zur Bildung der Gastrula geführt hat, fort. An den beiden Seiten erheben sich zwei neue Einstülpungen, die die mittlere umschließen. Die mittlere wird zum Darmrohr, die seitlichen zu den Leibeshöhlen, wir nennen sie Coelome. Die Zellenlagen, welche sie begrenzen, sind das dritte oder mittlere Keimblatt, und wir können in demselben gleich ein parietales (dem äußeren Keimblatt zugewendet) und ein viscerales Blatt unterscheiden, welches dem inneren Keimblatt anliegt. Die epitheliale Natur der Zellen, welche die Coelome ausgleiten, genügt indessen nicht, um die späteren Entwickelungen verständlich zu machen, welche aus dem mittleren Keimblatt hervorgehen. Namentlich handelt es sich um die Anlage des Blutes und des Bindegewebes. Um sie verständlich zu machen nimmt Hertwig an, daß sich von den primären Keimblättern Zellen einzeln absondern, die Stützsubstanz, und wo solches sich findet, auch das Blut zwischen den Epithellagen des Körpers erzeugend. Derartige embryonale Zellen, die durch Auswanderung in den von den Keimblättern begrenzten Raum gebildet werden, nennt Hertwig Mesenchymkeime, und das von ihnen gelieferte Gewebe Mesenchym.

[1]) Hertwig, O. u. R., Die Coelomtheorie. Jena 1881.

Von der Keimblattbildung muß die Mesenchymbildung nach seiner Meinung scharf unterschieden werden.

Aber nicht alle Forscher sind seiner Meinung. Spricht doch die Mehrzahl der pathologischen Anatomen, und nach ihnen die Mehrzahl der Pathologen von dem Bindegewebe und dem Blute, also dem Mesenchym nach Hertwig als den Deszendenten des mittleren Keimblattes gleichwertig mit den Deszendenten der primären Keimblätter. Am ehesten könnte sich noch His[1]) mit ihm versöhnen, der für das Blut und das Bindegewebe einen besonderen Keim, den Parablasten, annahm, aber auch His nahm für den Parablasten das mittlere Keimblatt in Anspruch.

Wie verhält sich dazu nun unsere Kritik? In dem vorigen Abschnitt hat sie die Bahnen abgeleitet von dem mittleren Keimblatt, ihrer Grundlage nach wenigstens. Sie hat diese Bahnen sich bilden lassen auf den Substanzen, welche von den Zellen abgesondert werden, den Interzellularsubstanzen. In allererster Linie waren es die Spalten, die zwischen den Zellen übrig blieben, welche das Material für die Bahnen enthielten. Das erinnert an das Hertwigsche Mesenchym. Freilich läßt Hertwig dasselbe abstammen von den in diese Spalten eingewanderten Zellen. Aber diese Einwanderung betrachtet die Kritik als sekundär, es muß schon etwas in den Spalten da sein, damit die Einwanderung erfolgt. Die Kritik begrüßt es weiterhin, daß das mittlere Keimblatt seiner Anlage nach auch Epithelzellen besitzt. Diese Epithelzellen müssen nach Hertwig mit dem Mesenchym in Verbindung treten, wenn die Aufgaben des mittleren Keimblattes gelöst werden sollen, sie müssen es auch nach der Kritik. Aus ihnen entstehen, so haben wir schon gesehen, die Muskeln, aus ihnen entstehen, so werden wir später sehen, die Geschlechtsorgane. Durch diese Verbindung aber zwischen Mesenchym und Epithel wird etwas Neues geschaffen, etwas Neues in chemischem Sinne.

Darin beginnt die Kritik von der Auffassung Hertwigs sich zu unterscheiden. Die chemische Änderung ist für die Kritik das Primäre. Die Faltenbildung, die Aus- und Einstülpung sind, wie das Kapitel über Morula- und Gastrulabildung z. B. zeigt, lediglich Konsequenzen

[1]) His, W., Die Lehre vom Bindesubstanzkeim (Parablast). Arch. f. A. u. Phys. An. Abt. 1882.

dieser chemischen Änderung. Für Hertwig aber, der auf dem Boden der reinen Morphologie steht, ist diese Aus- und Einstülpung das Primäre, das, was alles andere bedingt. So betrachtet die Kritik es als eine Folge der bei der Teilung eintretenden ungleichen Verteilung der Stoffe, daß die Deszendenten der Zellen des einen Pols des Eis in Zukunft Keratin, die des anderen in Zukunft Mucin bilden werden, und lediglich eine Folge der so entstehenden Verschiedenheit in der Semipermeabilität ist es, daß die einen eingestülpt werden, die anderen nicht. Ebenso ist die weitere Einstülpung zur Bildung der Coelome eine Folge der chemischen Beschaffenheit, die die zugrunde liegenden Zellen denen des inneren Keimblatts ähnlich macht. Indem aber die so eingestülpten Zellen nunmehr in Berührung kommen mit den Stoffen, die in der Spalte zwischen den beiden primären Keimblättern liegen, mit dem Mesenchym, entsteht eine neue chemische Änderung, die zur Bildung von Blut und Bindegewebe führt.

Für uns aber ist wichtig, daß wir aus jenem Stadium folgendes behalten: Einerseits haben wir die künftigen Bahnen. Zu ihnen werden verwendet teilweise das viscerale und das parietale Blatt des Coeloms und die Mesenchymkeime. Anderseits haben wir die künftigen Organe. Sie stammen ab: von den beiden primären Keimblättern und von dem für die Bahnen nicht verwendeten Teile der Coelome.

7. Die Primitivrinne.

Die Primitivrinne hat eine wohlbekannte Bedeutung. Ihre Entstehung wird nach dem, was wir seither gehört haben, wohl dem osmotischen Druck zu verdanken sein. So gut wie die Gastrulabildung eine Einstülpung durch denselben am vegetativen Pol zustande brachte, so gut kommt es jetzt zu einer solchen am animalen. Aber was macht die Zellmembranen an demselben auf einmal impermeabel für den Stoß der gelösten Moleküle in der umgebenden Flüssigkeit? Vorher, als dieser Pol sich herauswölbte, waren sie es doch nicht. Und diese Einstülpung, also das Impermeabelwerden der Membranen, also die chemische Änderung, die in den Zellen vor sich geht, geschieht in einer geraden Linie, in der der Pol liegt. Legt man durch diese Linie und durch

den Mittelpunkt des Organismus eine Ebene, so trifft dieselbe auf der anderen Seite das Darmrohr. Zwischen dieser Einstülpung auf der zentralen und der auf der dorsalen Seite aber existiert eine Beziehung, denn noch beim Amphioxus setzen sie sich ineinander fort. Der Canalis neurentericus verbindet beide, und wenn die beiden Einstülpungen sich zu Röhren geschlossen haben, so strömt Flüssigkeit aus der einen in die andere. Es muß also in der Ebene, die sie beide enthält, sich etwas ereignet haben, was für die Zellen, die darin lagen, chemische Folgen hatte, was ihre Membranen impermeabel machte. Diese Ebene aber nennen wir die Sagittalebene. Wir erinnern uns an drei Ebenen, welche senkrecht zueinanderstehend, die ersten Trennungsebenen wurden, und in welchen sich die Bahnen entwickelten, die den Organismus durchziehen. In der Sagittalebene aber entwickelte sich die Bahn, die dem Sympathikus zugrunde liegt, und diese Entwickelung ist es offenbar, welche die Veränderung in dem Chemismus der Zellen herbeiführt. Noch weit über jenes Stadium hinaus, indem die Rückenrinne die Fortsetzung der Bauchrinne bildet, bleibt es die Aufgabe des Sympathikus, das Darmrohr, den Apparat der Eingeweide mit dem Rückenmark in Verbindung zu setzen, und die Rami communicantes legen hiervon Zeugnis ab. Indessen vollzieht sich in der Primitivrinne noch etwas anderes. Sie kommt mitten in den Weg der sich entwickelnden cerebrospinalen Nerven. Die Sagittalebene muß alle die Ebenen schneiden, welche horizontal durch den Organismus gelegt sind, und die Bahnen, die sich in diesen Ebenen entwickeln, werden durch sie unterbrochen. Es sind wieder Bahnen, die den ursprünglichen Trennungsebenen entsprechen, und wie wir in der histologischen Analyse oder in früheren Kapiteln dieses Abschnittes lernten, haben wir in ihnen Interzellularsubstanzen oder Mesenchym. Auf dem Boden dieser Bahnen aber entwickeln sich auch epitheliale Gebilde, die von der äußeren Oberfläche stammen. Hier in der Primitivrinne nun wird die Kette dieser Gebilde durch eine Einstülpung, die auch von der äußeren Oberfläche stammt, unterbrochen. Beide treten miteinander in Verbindung. Die Interzellularsubstanzen der Bahnen der eintreffenden Nerven verbinden sich mit jenen, welche die Primitivrinne einstülpt, die epithelialen Gebilde der Nerven mit jenen des Rückenmarks. Was bedeutet dies im Lichte unserer

seitherigen Betrachtungen? Zunächst eine Kontinuität der Grundsubstanz, welche den Zusammentreffenden zugrunde liegt. Hier wie dort haben wir die Grundsubstanz, welche wir in den Epithelzellen des äußeren Keimblattes finden, sie wird zu einem Ganzen verschmolzen durch das Zusammentreffen. Jede Erregung, die von der äußeren Oberfläche herkommend, diese Grundsubstanz durchzittert, kann sich auf das Ganze ausbreiten. Auf das Halbe wäre zunächst besser gesagt. Denn für die Bahnen, welche den Keim umkreisen sollen, bleibt die Primitivrinne die Unterbrechung. Der von rechts kommende Nerv findet nicht in dem von links kommenden seine Fortsetzung. Die Erfahrung lehrt, daß die im Rückenmark ankommenden Erregungen zwei Wege einschlagen, entweder sie werden weitergeleitet zum Gehirn, oder sie gehen über auf die motorischen Nerven. Die erstere Weiterleitung geschieht in der Längsachse des Rückenmarkes, also in der Sagittalebene, der Ebene des Sympathikus. Jene chemische Veränderung, die der Sympathikus den Zellen mitteilte, die sie zur Einstülpung brachte, mag auch die Ursache sein, weshalb jetzt in der Richtung seiner Bahn eine Fortleitung geschieht. Aber sie geschieht nicht immer. Im Falle des einfachen Reflexes findet im Rückenmark der Übergang von dem sensiblen zu dem motorischen Nerven statt. Da tritt denn etwas ein, wovon ich bei der histologischen Analyse im Kapitel über Nerven oder Muskeln gesprochen. Der motorische Nerv ist gerade so gebaut, wie der sensible, aber er leitet in umgekehrter Richtung. Die Organe, die an seinem Ursprung, in der Leitungsrichtung an seinem Ende sitzen, nehmen bloß in der zentrifugalen Richtung auf. Es ist daher notwendig, daß das, was von der Oberfläche her eintrifft, vollständig umgeordnet werde, um die Verbindung zwischen Oberfläche und Muskel herzustellen. Diese Verbindung bedeutet das Aufflackern des Lebens eines Spezialwesens, das in verschiedenen Teilen zerstreut liegt. Sie ist der Sinn eines solchen Reflexes, haben wir früher gesehen.

Die Umordnung, die sie zur Voraussetzung hat, kommt zustande in dem Rückenmark, durch die Einwirkung der dritten Bahn, die sich dort auch findet, der Blutbahn, einer Bahn, die, wie wir auch bereits sahen, ganz vom mittleren Keimblatt stammt und keine anorganische Grundsubstanz hat.

---

8. Segmentation.

Schon lange hat die zoologische und später die vergleichende Anatomie darüber belehrt, daß der Körper der Wirbeltiere und noch mehr vieler Wirbelloser in aufeinanderfolgende einander ähnliche Abschnitte, in Segmente zergliedert ist. Die Embryologie hat dann gezeigt, wie bei allen Wirbeltieren die Muskulatur in solchen Abschnitten ursprünglich angelegt wird. Man bezeichnete dieselben anfänglich als Urwirbel, weil ihre Anlage entspricht der Gliederung der Wirbelsäule in Wirbel, und weil auch die Bildung der Wirbel mit diesen Abschnitten zusammenhängt. Seit man aber eingesehen hat, wie die Anlage der Muskulatur auch von denselben bedingt ist, zieht man den Namen Ursegmente vor. In welcher Beziehung steht nun diese Gliederung des Embryo zu der Vorstellung von dem Aufbau, den wir begonnen haben zu entwickeln? Zunächst sagen wir, im allerengsten Zusammenhang. Denn jedem Wirbel entspricht ja ein Wirbelloch und damit ein Nervenpaar, eine jener beim Menschen horizontalen Bahnen des äußeren Keimblatts, die von der Peripherie herkommen, im Zentrum unterbrochen werden und nicht ganz bis zur Peripherie zurückkehren. Wo halten sie an? Bei den Muskeln, da haben sie also eine neue Unterbrechung. Nun hat uns das vorige Kapitel belehrt, daß ihre Unterbrechung in der Mittellinie geschehen ist, weil sie da zusammentrafen mit den anderen Bahnen, namentlich denen des Sympathikus. Die Stoffe, die sie vom äußeren Keimblatt herbeischafften, die den dort vorwiegenden Gebilden entstammten, erlitten eine Veränderung durch den Verkehr und Austausch mit denen, die durch die anderen Bahnen von den anderen Gebilden herstammten. Nun gehen sie verändert wieder hinaus und gehen zu den Muskeln hin. In diesen Muskeln werden die veränderten Stoffe wieder entladen. Die Muskeln sind wieder Zellen, an denen Nerven als Bildungen des äußeren Keimblattes vorüberziehen würden, wenn sie nicht durch die Bahnen des mittleren Keimblatts verändert worden wären. Das, was durch den Austausch mit der Bahn des Sympathikus und die Umordnung durch das Blut aus den cerebrospinalen Nerven geworden ist, findet seine Erledigung in den Muskeln, immer auf dem Boden der von der Bildung des äußeren Keimblattes her geschaffen ist.

Das Ganze aber liegt zusammen, es bildet ein Ursegment. Die Einheit, von dem Ursprung an der äußeren Peripherie der Bahn bis zum Zentralnervensystem, mit den Zellen, die den Austausch mit dem Sympathikus bewirken, mit den Bahnen, welche nach erlittenem Austausch wieder herausgehen, und den Muskeln, in welchen sie schließlich endigen, liegt deutlich vor uns. Wir begreifen, wie so etwas zusammen wachsen, sich entwickeln muß, wir begreifen auch, wie die Veränderung, welche die äußeren Kräfte an dem Ursprung der Bahn bewirken, sich fortpflanzen muß durch dieselbe, bis sie in den Muskeln endigt, in welche die veränderten Stoffe ergossen werden.

Indessen im Organismus sind die Segmente nicht einfach aneinander gereiht. Wir haben nicht bloß Reflexe, welche ein solches Segment durchlaufen, wir haben auch eine Empfindung, welche an dem einen Ende des Zentralnervensystems stattfindet, würde der Physiologe sagen. Diese Empfindung bedingt, daß in dem Zentralnervensystem nicht bloß ein Übergreifen der zentripetalen auf die zentrifugalen Nerven, sondern auch eine Längsleitung stattfindet. Wir haben eben noch zwei andere Bahnen, die des Sympathikus und die des Blutes, und sie bewirken eine weitere Zentralisation. Der Sympathikus umläuft die ganze Sagittalebene. Dem Zentralkanal, zu dem sich die Primitivrinne hinten schließt, entspricht vorne das Darmrohr, zu dem sich die Gastrula schließt. Warum die beiden nicht miteinander in Verbindung sind, können wir erst in der Synthese besprechen. Innerhalb dieser Bahnen aber besorgt derselbe einstweilen die Leitung. Er hat noch mehr zu tun. Die Veränderungen, welche durch die cerebrospinalen Nerven in das Zentralnervensystem hingeleitet werden, haben zu einem Austausch mit dem Sympathikus geführt. Die Austauschprodukte werden durch die zentrifugalen Bahnen dieser Nerven wieder hinausgeleitet, aber nur zum Teil. So gut wie der Sympathikus auf die cerebrospinalen Nerven wirkt, so gut findet auch die umgekehrte Wirkung statt. Auch der Sympathikus hat etwas hinauszuleiten aus dem Zentralnervensystem. Das leitet er auch zu Muskeln hin, aber zu denen der dritten Bahn, der Blutbahn. Mehr noch als die anderen bewirkt diese die Zentralisation, sie gibt uns *ein* Herz, welches dem ganzen Organismus dient. Der Ausdruck aber der Verbindung, welche die Blutbahn zwischen allen Teilen des Organismus erhält,

ist der Kreislauf, und diesem dienen die Erregungen, welche der Sympathikus den Muskeln der Gefäße und des Herzens zuführt. Während also das, was in der cerebrospinalen Bahn sich abspielt, wesentlich das Ursegment und seine Abkömmlinge betrifft, sorgen gleichzeitig die beiden anderen Bahnen, Sympathikus und Blutbahn, für den Zusammenhang der Segmente und die Zentralisation. Nicht minder sehen wir diesen Gegensatz sich vollziehen, wenn wir die Bildungen im Bereich des Bindegewebes ins Auge fassen. Unter der Primitivrinne liegt die Chorda dorsalis als Grundlage der künftigen Wirbelsäule. Sie schwindet teilweise in dem Maße als die Ursegmente sich ausbilden und damit die Wirbel aus dem fibrillären Bindegewebe entstehen und verkalken. Von der Chorda dorsalis aber bleibt übrig, das was die einzelnen Wirbel miteinander verbindet, die Zwischenwirbelscheiben, elastischer und knorpeliger Natur. In den Wirbeln die Trennung von vorn und hinten, die Verbindung von rechts und links, in der Chorda die Trennung von rechts und links, die Verbindung von vorn und hinten. Dort die Derivate der Kalkbildungen, hier die der Kieselsäurebildungen.

---

9. Ernährung des Embryo.

In den früheren Abschnitten haben wir uns damit begnügt, einen Strom, der aus der umgebenden Flüssigkeit in den Keim hineindringt, für das Wachstum verantwortlich zu machen. Das ist richtig für die niedersten Lebewesen und für die ersten Entwickelungsstadien. Auf jeder höheren Stufe gestalten sich die Ernährungsbedingungen schon komplizierter. Inwiefern sind dabei nun andere Kräfte, als diejenigen, welche wir seither kennen gelernt haben, maßgebend?

Man kann jede Ernährung des Embryo auf zwei untereinander verschiedene Modi zurückführen. Entweder handelt es sich dabei um in den Embryo bereits niedergelegte Stoffe, den Dotter, welcher zur Ausbildung der Organe verwendet wird, oder es handelt sich um die Zuführung neuer Stoffe von außen, wie sie im Uterus durch die Placenta geschieht.

Bei dem ersteren Vorgang spielt die Osmose nicht immer eine Hauptrolle. Dieser erstere Vorgang spielt sich nämlich auch noch

in zwei Modifikationen ab. Es kann der Dotter durch den ganzen Keim verteilt sein. Die sich bildenden Zellen des Keims umfassen dann die Dotterteile, die Dotterplättchen bereits, und haben sie nur umzuwandeln. Diese Umwandlung geschieht mit einer uns vom chemischen Gesichtspunkt aus überraschenden Leichtigkeit. Wir dürfen jedoch dabei nicht vergessen, daß der Kreis dieser Umwandlungen ein beschränkter ist. Es handelt sich im Grunde eigentlich nur um eine Rückwandlung bestimmter Substanzen in andere ähnliche, die sich vorher im Ei im entgegengesetzten Sinne vollzogen hat. Aus den Zellen des Körpers sind die Bestandteile des Dotters gebildet worden, in Bestandteile des Körpers werden sie jetzt zurückverwandelt. Wie einfach oder wie kompliziert dieser Vorgang ist, vermögen wir einstweilen noch nicht zu ermessen. Alle unsere Beobachtungen deuten darauf hin, daß es sich in gleicher Weise vollzieht, wie die chemischen Umwandlungen, welche die Zellen vollziehen, überhaupt, nämlich durch Fermente, und wir werden weiterhin, wenn wir von den Kräften, die für die Ernährung des Individuums zu Gebote stehen sprechen werden, zu analysieren haben, was wir darüber wissen.

Außer dieser chemischen Umwandlung kommt nun bei der zweiten Modifikation die Osmose in Betracht, wenn nämlich der Dotter außerhalb der Zellen des Keims in einer besonderen Masse niedergelegt ist, als Nahrungsdotter. Auf einer Stufe der Umwandlung müssen die Bestandteile desselben dem Keime zugeführt werden, sie müssen ihren Ort wechseln. Das geschieht nun immer, indem bestimmte Blasen, Anhänge der Blutgefäße nennen wir sie, sich ausstrecken bis zu ihnen. Sei es, daß sie unter dem Einfluß der Osmose sich ausdehnen, sei es, daß die Anwesenheit gewisser Substanzen sie leitet. Zweierlei oder eigentlich dreierlei findet nun statt. Einmal die Umwandlung der Dotterbestandteile, die gewöhnlich mit einer Lösung derselben verbunden ist, zweitens eine Osmose der gelösten Bestandteile durch die Membran, welche die Blase umgibt, in diese hinein, drittens eine Bewegung im Innern der Blase, der dieselbe erfüllenden Flüssigkeit, ein Strömen des Blutes, wie wir nun sagen, in der Richtung des Keimes. Lassen wir dieses erste Auftreten einer Bewegung für die Analyse der Bewegung in dem folgenden Abschnitt beiseite, so sehen wir, wie diese Ernährung durch die Circulatio omphalo-

mesenterica oder den Gefäßhof sich reduziert auf die zwei Kräfte, die wir schon ins Auge gefaßt haben, nämlich die fermentative, chemische Umwandlung der Substanzen und die Osmose der gelösten Substanzen in die Blutgefäße hinein. Es sei denn, daß wir die Bildung dieser Blutgefäße selbst als einen besonderen rätselhaften Vorgang ansehen wollten. Aber diese Blutgefäße werden gebildet durch dieselben Prozesse der Zell- und Organbildung, von denen wir seither sprachen, und daß dieser Prozeß gerade in der Richtung besonders lebhaft erfolgt, in der der Strom der ernährenden Stoffe stattfindet, kann uns nicht verwundern, entspricht es doch ganz den Voraussetzungen, die wir gemacht.

Das bringt uns auf den zweiten Modus der Ernährung des Embryo, durch Stoffe, die ihm von außen zugeführt werden. Wodurch werden ihm diese Stoffe zugeführt? Durch Zotten, die an der Oberfläche des Eis entstehen, und die eindringen in die Wandungen des mütterlichen Fruchthalters. Was findet in diesen Zotten statt? Eine Osmose zwischen den Säften der Mutter, dem Nährboden und dem sich entwickelnden Keim, der hier der Parasit ist, der sich in dem Nährboden ernährt. Der Keim verbraucht die Stoffe, d. h. er entfernt sie aus der Lösung, indem er sie umwandelt und daher wird fortwährend ein Strom von der Mutter zu dem Keim von dem Orte höherer Konzentration zu dem geringerer Konzentration hingehen. Mutter und Kind sind aber räumlich ausgedehnt, es bedarf wieder besonderer Wege, um diese Stoffe zu dem Ort zu bringen, wo sie den Austausch vollziehen können. Diese Wege sind die Blutgefäße, und in ihnen erteilt die Bewegung der Flüssigkeit dem schwingenden Molekül noch eine besondere Beschleunigung in der Richtung des Austausches.

Eine eigentümliche Erscheinung verbindet nun die beiden Modi und gibt die Erklärung für die höhere Entwickelung. Bei dem Hühnchen nämlich, das einen Nahrungsdotter hat und durch dessen Assimilation seinen Keim vergrößert, sehen wir eine besondere Blase sich der sich allmählich vergrößernden Höhle zuwenden, in der sich die Luft innerhalb der Eischale ansammelt. Das ist die Allantois. Ihr Erscheinen erinnert uns daran, daß zu den chemischen Umwandlungen, welche sich im Keime vollziehen, derselbe des Sauerstoffs der Luft bedarf, daß die Oxydation eine der Grundlagen des Lebens ist. Die Zellbildung muß ja um so

lebhafter geschehen, je näher den Zellen der Sauerstoff kommt, der für sie notwendig ist. Der Sauerstoff muß selbst der Führer sein, der zu ihm hinleitet.

Natürlich muß auch der Keim der Säugetiere den Sauerstoff aufsuchen. Er findet den Sauerstoff nicht in einer besonderen Höhle, sondern er findet den Sauerstoff in dem Blute der Mutter. Daher entwickelt sich in ihm diese Allantois zu einer mächtigen Verbindung des Embryos mit dem Uterus. Überall dringen die Zellen, d. h. die Verzweigungen, die Ausstülpungen dieser Blase in die Wandungen des Uterus ein, damit die aus den Blutgefäßen der Mutter auswandernden Sauerstoffmoleküle, diese Zotten treffen, in sie durch Osmose eindringen und durch den Blutstrom des Embryo zu diesem zurückgeführt werden können. Wie die Sauerstoffmoleküle aber verhalten sich alle die wandernden, der Osmose fähigen Moleküle, welche das Blut der Mutter enthält und das Blut des Embryos aufnimmt. Verbraucht der Embryo diese Stoffe, so entsteht in seinem Blute eine Konzentrationsdifferenz, welche den osmotischen Strom bei der immer sich erneuernden Zirkulation des Blutes aufs neue anregt. Auf der Osmose allein aber beruht der Austausch der Ernährung zwischen der Mutter und dem sich ausbildenden Keim, das haben uns unzählige Versuche gelehrt.

Drei Dinge merken wir uns, die uns auch über die künftigen Schicksale belehren können. Kerne, Zellen liefert die Mutter dem Kinde nicht, nur Stoffe, aber nicht Formen gehen an den Keim über, alle Formen bildet derselbe selbst. Das war das erste. Das zweite lautet, der Übergang der Stoffe findet immer durch die Osmose, durch trennende Membranen hindurch statt. Drittens die Allantois geht genau zu dem Ort hin, wo sie die ernährenden Gefäße trifft. Der Strom von Stoffen, welcher sie selbst zum Aufquellen bringt, kommt ihr entgegen und leitet sie. Die Zellen des erwachsenen Organismus aber haben ***dieselben*** und ***nicht andere*** Eigenschaften.

V. Abschnitt.

Physiologische Analyse.

I. Die Aufnahme in den Organismus.

Wir betrachten es als die Aufgabe der physiologischen Analyse, die Entwickelung der Kräfte, welche durch die Umformung der Nahrung im Organismus gewonnen werden, zu untersuchen. Dabei beginnen wir mit der Aufnahme der Nahrung in den Organismus. Die letzten Worte des vorigen Abschnitts müssen uns noch in den Ohren klingen. Die Zellen des erwachsenen Organismus verhalten sich bezüglich ihrer Ernährung nicht wesentlich anders als die des wachsenden. Nur Stoffe, nicht Formen aber empfängt der wachsende Organismus von seiner Ernährerin, der Mutter. Wenn von dieser nicht einmal Formen übergehen dürfen, um wieviel weniger darf das geschehen von der fremden Welt, von anderen Lebewesen, die als Nahrung dienen. Alle Stoffe müssen gelöst werden, der Aufbau zu Formen, der sie charakterisierte, muß zerstört werden. Der Organismus umgibt sich mit einer Wache von Zellen, die seine Grenze gegen die Außenwelt behüten, und nur hindurchlassen, was ihre Hüllen passieren kann. Wie geschieht nun der erste Akt, das Bereitmachen für die Aufnahme? Der Organismus verfügt über zweierlei Hilfsmittel, über mechanische und chemische. Mechanisch zerstört er mit seinen Muskeln, zuletzt mit Hilfe seiner Zähne die fremden Formen. Er bereitet die chemische Wirkung des zweiten Teils vor, indem er zunächst eine möglichst große Oberfläche für die Einwirkung der Mittel der

Zellen schafft. Vielleicht sind in der Nahrung Stoffe vorhanden, welche sich jetzt schon lösen in den sich darbietenden Lösungsmitteln, wie es Rohrzucker und Traubenzucker tun. Die Mehrzahl der Stoffe aber, welche als Nahrung dienen, ist kolloid, und diese großen kolloiden Moleküle und Molekülgruppen müssen zunächst gespalten werden. Schon im ersten und zweiten Abschnitte der speziellen Analyse habe ich von den Hilfsmitteln gesprochen, welche der Organismus sich für diese Spaltung bereitet, den Fermenten. Ich habe auf die eigentümliche Leichtigkeit aufmerksam gemacht, mit der sie die chemische Zerlegung bewirken und auf die physikalisch-chemischen Anhaltspunkte, die uns veranlassen, den Fermenten eine Oberfläche, eine morphologische Existenz zuzusprechen.

Nicht allen Substanzen gegenüber zeigen sie diese Fähigkeit der Zerlegung, nur gewissen, nur solchen, die selbst wieder von lebenden Wesen herstammen. Jenen morphologischen Organisationen, die von fremden Leben gebildet sind, gegenüber erweisen sich diese anderen morphologischen Organisationen feindlich. Sie zerlegen sie, bis die entstehenden Spaltlinge gelöst werden können in der umgebenden Flüssigkeit. Auf diese Zerlegung, auf die ganze Verdauung, wie die Physiologie sie lehrt, will ich nicht eingehen. Ich überlasse das den entsprechenden Lehrbüchern.

Aber die Punkte, welche die hier entwickelten Anschauungen betreffen, muß ich hervorheben. Jene Zellen, welche den Verdauungskanal auskleiden, gliedern sich in zwei verschiedene Klassen nach ihrer Funktion. Als Verdauungskanal betrachten wir ein Rohr, das durch den Organismus hindurchzieht, das ein Stück Außenwelt umschließt. Das Epithel, welches den Organismus hier begrenzt, welches diese innere Oberfläche überzieht, hat die Fähigkeit, von ihr etwas aufzunehmen. Es unterscheidet sich dadurch von dem Epithel, der äußeren Körperoberfläche, wir haben schon im vorigen Abschnitt darauf aufmerksam gemacht, es ist ein Deszendent des inneren Keimblattes im Gegensatz zu dem des äußeren Keimblattes. Seine Funktion, etwas aufzunehmen, nennen wir die Resorption. Daneben aber hat dieses Epithel noch die Fähigkeit, jene Hilfsmittel der Zerlegung, die Verdauungsfermente, in das Innere dieses Rohres abzuscheiden. Es sind nicht dieselben Zellen, welche die Sekretion und die Resorption besorgen. Jene rücken von der Oberfläche weg in besondere Ausstülpungen der-

selben hinein, in die Drüsen; diese dagegen kommen dem zu resorbierenden Material gewissermaßen entgegen, auf den Falten oder Zotten. Wenn es aber auch nicht die gleichen Zellen sind, so haben sie doch die gleiche Abstammung. Nehmen wir nur einen bestimmten Stoff, den Schleim, als Gegenstand der Sekretion, so lehrt uns die Beobachtung der Becherzellen, daß auch den resorbierenden Zellen die Fähigkeit der Sekretion nicht fehlt. Noch wissen wir nicht, was die Zellen des inneren Keimblattes eigentlich sind. Aber schon sehen wir, wie das Leben in ihnen ganz verschiedene Dinge entwickeln kann. In der Zelle müssen diese Dinge nebeneinander und miteinander leben. Wir wollen das eine *Symbiose* nennen. Je nach den Kräften, die das Leben zur Wirksamkeit bringt, entwickelt sich von den *Symbioten* der eine oder der andere. Das Produkt sind zunächst die Fermente. Wir haben allen Grund anzunehmen, daß die Fermente sowohl resorbiert wie sezerniert werden. Es ist eine Eigentümlichkeit der Fermente, die wir unter den verschiedensten Umständen konstatieren können, daß sie bei ihrer Tätigkeit nicht zerstört werden. Folglich haben wir Grund anzunehmen, daß sie auch ihre Funktion im Darm überdauern. Die Faeces aber enthalten nicht alles von den Fermenten, soweit sie überhaupt etwas enthalten. Folglich müssen die Fermente im Darm wieder aufgenommen werden. Die gleichen Symbioten also entledigen sich der Fermente und nehmen sie wieder auf. Das deutet darauf hin, daß diese Symbioten sich in zwei verschiedenen Zuständen befinden müssen. Und das erscheint uns von unserem Standpunkt aus als der wesentliche Sinn der Verdauung. Freilich, der Praktiker wie der Physiologe stellen in den Vordergrund die Wirkung der Fermente auf die Nahrungsmittel und ihren Eingang in den Organismus. Wir selbst begrüßen ja auch als Sättigung jenes Überschreiten der Schwelle, welches die Verwandlungen einleitet, die der Nahrungsmittel im Körper warten. Aber der eigentliche Sinn des ganzen Vorgangs scheint darin zu liegen, daß die Symbioten der Zellen des inneren Keimblattes zwei Zustände haben, einen, indem sie sich gewisser morphologischer Bestandteile entledigen, und einen, indem sie diese wieder aufnehmen. Die Zerlegung der Nahrungsmittel in der Zwischenzeit erscheint uns als eine Folge der Eigenschaften, mit denen die Zellen überhaupt ausgestattet sind, die Resorption der

Zerlegungsprodukte als eine Begleiterscheinung, die freilich den Zyklus der Zersetzungen im Organismus neu anfacht. Von den Symbiosen des inneren Keimblattes aber schließen wir auf die Symbiosen des ganzen Organismus. Wenn es im inneren Keimblatt zwei Zustände gibt, so muß es im Organismus überhaupt zwei Zustände geben. Mit der Veränderlichkeit des Organismus, von der ich früher sprach, haben sie zunächst nichts zu tun, denn sie entsprechen ja nicht kosmischen Perioden, sie hängen nicht von kosmischen Kräften ab. Indirekt aber mag ihre regelmäßige Wiederkehr doch zurückzuführen sein auf eine solche periodische Veränderung der Zellen unter dem Einfluß des Lebens der Symbioten. Zu der Mannigfaltigkeit, deren Ursachen wir in der Verschiedenheit der Symbiosen kennen gelernt haben, gesellt sich nun die zweite in den verschiedenen Zuständen, welchen die gleichen Symbioten unterliegen. Was mag nun der Sinn dieser Zustände sein? Nicht mehr bloß als morphologische oder chemische Kombinationen erscheinen die Zellen. Der Lebensprozeß erweckt in denselben eine Veränderung, die Symbioten entwickeln sich in ihnen. Ist aber deren Entwickelung einmal entfacht, muß ihr Lebenslauf durch den ganzen Organismus sich abspielen. Einstweilen wissen wir nur, wie sehr diese Zustände auch unser Zentralnervensystem beeinflussen, wenn wir Hunger oder Sättigung empfinden.

---

2. Nerven und Fermente.

Von den beiden in dem vorigen Kapitel erwähnten Vorgängen der Resorption und der Sekretion steht der letztere unter dem Einfluß der Nerven. Von dem ersteren wissen wir darüber nichts, wir halten es nach dem, was wir über die physikalische Natur des Vorgangs wissen, vom physiologischen Standpunkt aus auch nicht für notwendig, daß ein solcher Einfluß stattfindet. Von unserem Standpunkt aus, den wir im vorigen Kapitel gewonnen, aber sagen wir: von der Schwankung, die durch die Nahrungsaufnahme im Organismus hervorgerufen wird, braucht, bloß die Einleitung durch die Nerven veranlaßt zu sein. Die Rückkehr in den ursprünglichen Zustand wird sich dann so vollziehen, daß die Einleitung als Ursache für das folgende dient. Von dieser Einleitung habe ich nun

versucht, in dem Entwerfen der mikroskopischen Bilder in der histologischen Analyse zu sprechen. Ich habe da Gewicht darauf gelegt, daß die eigentümlich morphologischen Gebilde, die die Träger der Verdauungsfermente sein werden, die Zymogenkörner, nicht von den Zellen allein gebildet werden, sondern daß Nerven und Blutgefäße darauf einen Einfluß haben. Zahlreiche physiologische Experimente beweisen uns das. Zuerst machte man die Erfahrung, daß der Speichel, die am leichtesten zugängliche der fermentreichen Verdauungsflüssigkeiten, reflektorisch sezerniert wurde, d. h. auf einen Reiz von Empfindungsnerven hin, sei es Olfactorius, Opticus, Glossopharyngeus oder Trigeminus, floß der Speichel aus der Drüse ab, ohne daß das Bewußtsein davon etwas erfuhr. Sodann kamen Claude Bernard[1]) und Ludwig.[2]) Der erstere zeigte, wie die Gefäße der Drüse sich auf den Reiz eines Nerven hin erweiterten, und erklärte die vermehrte Sekretion aus der vergrößerten Zufuhr von Material, das die erweiterten Gefäße brächten. Ludwig aber zog nicht nur das Material, er zog auch die Kräfte in Betracht, welche bei der Sekretion zur Erscheinung kamen, und gelangte zu dem Schluß, der Nerv wirkt auf die Drüse selbst, er beeinflußt in ihr direkt die Sekretion. Beide waren einig über die Bahn, es war die Chorda tympani, die sie reizten. So mußte die reflektorische Erregung der Drüse sich vollziehen, indem die Erregung, die ein Empfindungsnerv dem Zentralnerven zuführt, in diesem auf den Ursprung des Nervus facialis überging. Von diesem heraus wurde sie durch die Chorda tympani der Drüse zugeleitet. Die Physiologie hat beide Entdeckungen ausgenutzt. Die vermehrte Zufuhr von Material durch die erweiterten Gefäße, wie die Steigerung der Kräfte durch den eigentümlichen Sekretionsvorgang waren ihr beide zur Erklärung notwendig. Die Entdeckung Claude Bernards bildet eines der glänzendsten Beispiele von der Wirkung vasomotorischer Nerven, die Entdeckung Ludwigs den ersten Nachweis einer neuen Funktion der Nerven, der sekretorischen.

In neuerer Zeit sind diese Befunde noch vervollständigt wor-

[1]) Claude Bernard, Compt. rend. 1858.
[2]) C. Ludwig, Zeitschr. f. rat. Med. N. F. I. 1851.

den. Pawlow[1]) hat gezeigt, wie nicht bloß der Speichel, sondern weiter im Verdauungskanal die Verdauungsfermente überhaupt reflektorisch zur Sekretion angeregt werden. Ja das Ferment, welches sezerniert wird, richtet sich nach dem Reiz, der die Sekretion auslöst. So bewirkt eine bestimmte Speise die Sekretion gerade des Fermentes, welches geeignet ist, sie zu verdauen. Die Beherrschung der Sekretion durch die Nerven ist eine feststehende Tatsache.

Überlegen wir uns nun weiter, was sie eigentlich bedeutet. In der histologischen Analyse habe ich das Hauptgewicht darauf gelegt, zu zeigen, wie die Zellen, die Drüsen und Gewebe nicht isoliert sind. Wenn sie etwas bilden, was dem Organismus Dienste leistet, dann wirken sie zusammen; nicht eine Zellenart bildet den Apparat, sondern der ganze Organismus ist der Apparat. Zellen und Bahnen wirken zusammen, würden wir dann weiterhin sagen, und an der Hand der embryologischen Analyse würden wir das vervollständigen. Die Bahnen setzen eben die verschiedenen Teile des Organismus miteinander in Verbindung, es wirkt nicht bloß ein Teil, sondern das Ganze. Indessen das letzte Kapitel enthüllt uns noch eine neue Seite der Sache.

Resorption und Sekretion bedeuten zwei verschiedene Zustände ursprünglich gleichartiger Zellen. Gibt nun die Beherrschung der Sekretion durch Nerven einen gewissen Aufschluß über den Zusammenhang der beiden Seiten? Klar ist, die Nerven setzen die Zellen in den veränderten Zustand. Bloß diejenigen Zellen, welche mit Nerven verbunden sind, können zur Sekretion fähig werden, können die Vorbereitungen, die Einrichtungen treffen zur Bildung des zu sezernierenden Materials. Klar ist anderseits, die Nerven bewirken die Anregung zur Sekretion durch Zuleitung von etwas, sei es einem Stoff oder einer Kraft, lassen wir das einstweilen dahingestellt. Die Veränderung in dem Zustand der Zellen wird durch diese Zuleitung bedingt. Wo kommt dieses Etwas her? Von der äußeren Körperoberfläche. Kräfte der Außenwelt, Reize nennen wir sie in diesem Falle, haben an den Zellen der Epidermis, seien es umgewandelte Sinneszellen, seien es gewöhn-

[1]) J. P. Pawlow, Beitr. z. Phys. d. Absonderungen. Arch. f. (A. u.) Phys. Suppl. 1893.

liche Epithelzellen, Veränderungen hervorgebracht. Und die Nerven bringen die Wirkungen dieser Veränderungen bis zu den Drüsen der inneren Körperoberfläche hin.

Nicht bloß von einer Oberfläche zur anderen ziehen diese Bahnen, das haben wir schon gelernt. Sie sind unterbrochen in der Primitivrinne, im Zentralnervensystem, und sie können endigen in Zellen, wenn diese eine Verschiedenheit darbieten gegenüber den Zellen, von denen sie entstehen. Diese Verschiedenheit ist aber hier eine doppelte, einmal bezüglich der Entstehung, dann bezüglich der Bahn selbst. Die Zellen der Drüsen entstehen ja von dem inneren Keimblatt, die der Nerven von dem äußeren Keimblatt. Das betrifft die Grundsubstanz. Sodann sind die Drüsen ja Ausstülpungen des Darmrohrs. Dieses entspricht der sagittalen Bahn, die Nerven dagegen der horizontalen. Das betrifft die Begrenzung. So haben die Nerven eine doppelte Verschiedenheit gegenüber den Drüsen und können wohl in ihnen endigen.

Was aber bringen sie, was die Drüsenzellen in einen so veränderten Zustand setzt? Etwas von den Zellen des äußeren Keimblatts. Wenn jener Prozeß in dem inneren Keimblatt, die in den Zellen desselben schlummernden Symbioten zur Entwickelung bringt, so muß auch im äußeren Keimblatt etwas Ähnliches stattfinden. Beide Arten von Vorgängen bedürfen einander, ergänzen einander. Sie bilden ja zusammen das Leben des Organismus. Die Nerven nun dienen dieser Ergänzung, sie verbinden die Symbioten an einem Orte mit denen an einem anderen. Diese Differenz zwischen beiden wird teilweise, wohl bemerkt nur teilweise, ausgeglichen, durch das, was die Nerven von dem äußeren zum inneren Keimblatt hinbringen. Man sieht, ein gewisses Gleichgewicht muß schon existieren zwischen den Symbioten in den beiden Keimblättern, sonst könnte nicht das Wenige, was die Nerven bringen, den Ausschlag geben zugunsten der einen Bildung. Man sieht dann auch den weiteren Verlauf. Die Zellen des inneren Keimblatts stoßen das aus, was sich unter dem Einfluß der Symbioten des äußeren in ihnen gebildet hat. Dasselbe aber nehmen sie später wieder auf, wenn sie in einen anderen Zustand übergegangen sind.

Noch unter einem anderen Gesichtspunkt müssen wir diesen Einfluß der Nerven beurteilen. In der histologischen Analyse habe ich die Einheit des Organismus betont, welche sich aus dem Zu-

sammenbringen der verschiedenen Gewebe bei den Funktionen ergibt. In dem vorigen Kapitel dieses Abschnittes habe ich zum Schlusse erwähnt, wie Hunger und Sättigung, die den beiden Zuständen der Zellen des inneren Keimblattes entsprechen, eigentlich Zustände des Gesamtorganismus sind, wie also das eine, das innere Keimblatt, den Gesamtorganismus durch das andere fortwährend beeinflussen muß. In diesem Kapitel haben wir gelernt, wie die Veränderungen, die im äußeren Keimblatt entstehen, erst hindurchgeleitet werden durch das Zentralnervensystem, bevor sie auf das innere Keimblatt wirken. Sie erzeugen da in den Ganglienzellen Veränderungen, die die Ursache sind, daß sie wieder herausgehen. Wir haben uns nun weiter klar gemacht, daß im äußeren Keimblatt ein Gleichgewicht existiert zwischen den verschiedenen Symbioten, die dasselbe zusammensetzen, und ebenso ein Gleichgewicht im inneren Keimblatt, daß aber die beiden Gleichgewichte nicht dieselben sind. Den Ausgleich zwischen den beiden Gleichgewichten bewirkt eben das Zentralnervensystem mit Hilfe des dritten Keimblatts, des mittleren, von dem wir seither nicht gesprochen. Jede Störung des Gleichgewichts im äußeren Keimblatt wird zunächst übertragen auf das Zentralnervensystem, und von ihm aus gehen jene Veränderungen des Gesamtorganismus des Individuums, die die Zustände im anderen Keimblatt begleiten.

---

3. Die Leber.

An dem doppelten Zustande des inneren Keimblattes, den ich eben schilderte, dem der Resorption und Sekretion, nimmt auch die Leber teil. Aber diese Verdoppelung hat einen etwas anderen Charakter, als wir ihn seither besprachen, denn die Leber verdankt sie nicht der Verbindung mit Nerven, sondern mit der Blutbahn. Zum erstenmal lernen wir bei ihr die Beziehung zu dem eigentümlichen Symbioten des mittleren Keimblatts kennen, das, wie wir im vorigen Kapitel sahen, dazu dient, das Gleichgewicht zu erhalten zwischen äußerem und innerem Keimblatt. Sehen wir nur einmal an, was wir darüber wissen. Mannigfach sind die Funktionen, die wir von der Leber kennen. Zuerst wissen wir, dieselbe dient als Magazin für die Stoffe, die bei der Nahrung auf-

genommen werden. Die Leber schwillt an während der Verdauung, ihre Zellen füllen sich mit den chemischen Stoffen, die als Grundlage der Ernährung dienen, Kohlenhydrate und Fette können wir direkt nachweisen, Eiweiß, das sich nicht leicht von den eigentümlichen Eiweißkörpern der Leber unterscheiden läßt, können wir erschließen. Das ist der Zustand der Resorption. Alsdann entleert sich die Leber wieder, die aufgespeicherten Stoffe schwinden wieder aus ihr, mehr oder weniger vollständig, zwischen den Mahlzeiten. Das ist der Zustand der Sekretion, aber einer inneren Sekretion, denn nicht nach außen, sondern an das Blut werden die Stoffe abgegeben. Nunmehr finden wir in der Leber Ende und Anfang des Blutfarbstoffs, und wahrscheinlich der Blutkörperchen überhaupt. Schon in der physiologisch-chemischen Analyse habe ich von der Galle gesprochen, welche die Produkte der Zerlegung derselben aus der Leber wegführt, das ist eine äußere, eine eigentliche Sekretion. Ich habe dort auch gesagt, daß bei dieser Zerlegung das Eisen sich abspaltet, wie es, ebenso wie das Eiweiß des Hämoglobins, in der Leber zurückbleibt und vielleicht den Grund zu neuen Blutkörperchen legt. Bei Embryonen sehen wir diese in der Leber entstehen, und ebenso sehen wir bei Fröschen,[1]) wie die Leberinseln voll von Entwickelungsstufen der Blutkörperchen stecken.[2]) Bei den Erwachsenen und den höheren Tieren aber erblicken wir solche Bilder nicht in der Leber, und wir erinnern uns, daß die Blutbildung ein komplizierter Vorgang ist, der sich nicht in einem Organ abspielt. Endlich haben wir in der Leber noch den Schauplatz gewisser Zerstörungen der Eiweißkörper, oder vielmehr der Bildung der Exkretionsstoffe, die aus den Eiweißkörpern entstehen. So wissen wir schon aus der physiologisch-chemischen Analyse, daß der Harnstoff bei den Säugetieren und Amphibien, die Harnsäure bei den Vögeln und Reptilien in der Leber gebildet wird. Wir erinnern uns weiter der Vermutung, daß die beiden Vorgänge im Zusammenhang stehen, daß die Bildung des Nukleins ein Vorgänger der Bildung des Harnstoffs ist. Wir erinnern uns ferner daran, daß wir künstlich die Bildung des Harnstoffs, wie sie in der Leber stattfindet, durch elektrische

[1]) A. Leonard, Der Einfluß der Jahreszeit auf die Leberzellen. Arch. f. (An. u.) Phys. Suppl. 1887.

[2]) J. Gaule, What is Life? Am. Journ. of Psych. 1902.

Wechselströme nachahmen können, und daß wir deshalb annehmen, auch in der Leber müßten Einrichtungen getroffen sein, wodurch an der gleichen Stelle bald eine Oxydation, bald eine Reduktion aufträte.

Besteht nun zwischen diesen verschiedenen Funktionen ein Zusammenhang, der sich aus der Struktur der Leberzellen ergibt? Betrachten wir zunächst die Einlagerung. Wir wissen da in bezug auf das Glykogen, daß die Leber sowohl das Vermögen hat, es aus Traubenzucker zu bilden, wie es in Traubenzucker wieder umzuwandeln. Beides geht auf fermentativem Wege vor sich, und wir erkennen darin zunächst den Wechsel der zwei Zustände, den wir schon in den vorigen Kapiteln besprachen. Zuerst wird der Traubenzucker resorbiert und durch ein Ferment besonderer Art, d. h. wie wir jetzt wissen, durch eine morphologische Einrichtung besonderer Art, das Glykogen gebildet. In einer anderen Periode, wenn sich das Bedürfnis, der Hunger danach wieder einstellt, wird durch eine morphologische Einrichtung anderer Art das Glykogen wieder zerstört. Auf die Natur dieser morphologischen Einrichtungen werden wir nun aufmerksam, wenn wir den zweiten Gegenstand der Aufspeicherung, das Fett betrachten.

Auch es ist nur vorübergehend in der Leber anwesend, wir nennen das die physiologische Infiltration. Es kommt und geht durch das Blut. Das ist auffallend. Die Wandungen der Blutgefäße sind sonst für Fett nicht durchlässig. In der Leber muß somit eine Ausnahme bestehen. Diese Ausnahme muß sich auf die arteriellen Kapillaren beziehen, denn wir wissen, daß durch diese das Fett in die Leber gebracht wird. Aus dem Darm nämlich geht das Fett in die Lymphgefäße über, bei seiner Aufnahme im Darm weigern sich die Blutgefäße (die Venen) es einzulassen. Die Lymphgefäße bringen es durch den Ductus thoracicus zur Vena anonyma oder jugularis communis hin, es gelangt in das Herz und geht durch die Aorta wieder hinaus, um in die Leber zu gelangen. Wir können es auf dem Wege beobachten, oft ist bei der Fettverdauung das Blutplasma milchig von der Fettemulsion, die der Ductus thoracicus in das Blut hineingießt, bis die Leber das Blut wieder gereinigt hat. Auf zwei verschiedenen Wegen also gelangen die aufzuspeichernden Stoffe in die Leber hinein, zu den Leberzellen hin, durch die venösen Kapillaren der Pfortader einerseits, durch die arteriellen

Kapillaren der Leberarterie andererseits. Diese beiden Kapillaren kommunizieren miteinander, aber vielleicht ist der Blutstrom doch nicht genau der gleiche, der beide durchströmt. Wenigstens trifft man auch in der Lage der Stoffe in den Leberzellen gewisse Verschiedenheiten. Das aber mag auch darin begründet sein, daß die Zelle selbst ja auch eine verschiedene Begrenzung hat, nach den verschiedenen Teilungsebenen, Eiweiß, Kohlenhydrate, Fett, wie wir im vorigen Abschnitt sahen. Hier aber haben wir eine Zelle, die sich dem einfachen Schema, das wir seither kennen gelernt, nicht fügt. Ihre Hüllen müssen nach zwei Seiten hin für Fett durchgängig sein, denn das Fett, das durch die Arterien hereinkam, muß durch die Venen wieder heraus.

Wir haben nun auch Zellen, die eine doppelte Zufuhr von Kapillaren haben, arterielle sowohl wie venöse. Auf dieser doppelten Beziehung zu den Blutgefäßen muß dann auch die zweite Rolle fußen, die die Leber in bezug auf das Blut spielt. Sie bildet den Blutfarbstoff, und sie zerstört ihn, haben wir gesehen. Nun aber macht uns das Verhalten des Fettes, von dem wir vorhin sprachen, auf etwas anderes aufmerksam. Wenn der Blutfarbstoff in die Leberzelle eingetreten ist, so fließen seine Spaltungsprodukte in die Galle ab nach den Gallenkapillaren. Es ist das auch eine hydrolytische, also fermentative Spaltung, wie wir in der physiologisch-chemischen Analyse gesehen haben. Nichts fließt in diesem Momente ab nach der vena centralis.

Die Hüllen der Leberzelle sind nun nach zwei Seiten durchlässig für den Blutfarbstoff. Für die Aufnahme sind sie es nach den venösen Kapillaren der Pfortader zu, denn nur bei geringer Sauerstoffspannung findet die Spaltung statt. Bei der Zerstörung findet die Abfuhr dagegen durch die Gallenkapillaren statt. Wenn der Blutfarbstoff gebildet wird, wenn neue Blutkörperchen entstehen, sind es dagegen nicht die Gallenkapillaren, welche ihn empfangen, sondern dann verläßt er die Leber durch die Vena centralis, um ins Herz zu eilen und im Kreislauf sich zu verbreiten.

Durch das Fett lernen wir, daß auch hier ein Wechsel in der Durchlässigkeit der Zell- und der Blutgefäßhüllen bestehen muß. Dort trat das Fett ein aus den arteriellen Kapillaren in einer Periode, in der es durch die Vena centralis nicht abfließen konnte und in einer anderen Periode ändert sich diese Durchlässigkeit.

Hier ist der Wechsel für den Eintritt durch die venösen Kapillaren der Pfortader. Wir irren wohl nicht, wenn wir diesen Wechsel auf die doppelte Beziehung der Leber zu den Blutgefäßen und den Wechsel des Blutstroms in ihr beziehen. Beide betrifft er, beide ändert er, sowohl die Leberzellen wie die Blutgefäße.

Es ist eine neue Erfahrung, die wir in bezug auf den Einfluß der Bahnen auf die Durchlässigkeit der Zellhüllen machen. Jetzt erinnern wir uns aber an das, was uns die embryologische Analyse über die Bildung der Zellhüllen und der Bahnen gelehrt hat. Beide stehen in inniger Wechselbeziehung, ändern sich die Bahnen, ändern sich auch die Zellhüllen. Wir vergleichen im Geiste das letzte Kapitel mit diesem. Dort lernten wir etwas über den Einfluß der Nerven auf die Zellen, es änderte sich unter demselben die Substanz, welche ihre Grundlage bildet. Hier lernen wir etwas über die Beziehung der Blutgefäße zu den Zellen. Es ändern sich unter ihrem Einfluß die Hüllen. Das läßt uns dann weiter denken an die letzte Funktion der Leber, von der wir sprachen, an die Bildung des Harnstoffs. Sie entspricht der der Wirkung von Wechselströmen. Elektrische Ströme aber werden, so sahen wir in der physikalisch-chemischen Analyse, durch Osmose von Stoffen hervorgerufen. Ändert die Osmose ihre Richtung, so muß auch der Strom, der ihrer Wirkung entspricht, seine Richtung ändern. Die Osmose aber muß ihre Richtung ändern, wenn die Hülle sich ändert, durch die sie hindurchgeht. Und diesen Fall haben wir in der Leberzelle, so haben wir eben gesehen, wir haben in ihr ein Schwanken nicht bloß zwischen zwei Zuständen, sondern zwischen zwei Hüllen, die sie in derselben Richtung aufbaut.

---

4. Blutgefäße.

Wir wollen das, was wir über die Lehre vom Blut und seinem Kreislauf sagen wollen, verteilen auf 3 Kapitel: Blutgefäße, Blutbildung und Herz. Es handelt sich um die Ernährung des Körpers, d. h. um die Vorbildung der Bestandteile desselben in dem Blut, um die Hinführung derselben zu den einzelnen Teilen und die Wiederwegführung der Zersetzungsprodukte, die in diesen Teilen entstehen.

Betrachten wir zunächst einmal die Gefäße innerhalb deren das geschieht. Wir sehen sofort, daß wir es da mit etwas anderem zu tun haben, als mit den Zellen, die wir seither betrachteten. Zwei Dinge fallen uns zunächst am meisten auf: 1. Der Inhalt der Gefäße ist flüssig. Man hat es also nicht zu tun mit einer festen anorganischen Grundlage, wie in den Epithelzellen. 2. Die Wand der Gefäße ist membranös. Sie verhält sich in ihrer dünnsten Erscheinung, z. B. in den Leberkapillaren wie die Zellmembran. Das erinnert an die Bildung der Bahnen innerhalb der Scheidewände, von der wir in der embryologischen Analyse sprachen und ferner daran, wie auch die Zellwände bei der Anlage dieser Bahnen gebildet werden. Auch hier im Blutgefäßsystem herrscht also ein Wechsel, wie wir ihn seither auf die Entwickelung verschiedener Symbioten bezogen. Und doch sind die Blutgefäße so anders als die Organe, die von den primitiven Keimblättern stammen. In ihnen müssen sich andere Symbioten finden, und doch muß deren Leben verknüpft sein mit dem aus jenen anderen. Betrachten wir zunächst seine Bahn, wie sie den Organismus durchzieht, so fällt uns der Zusammenhang aller Teile innerhalb des Organismus auf. Aus dem Herzen heraus erwachsen, sich fortwährend teilend, immer neue Zweige, bis in die feinste Verästelung übergehend. Das erinnert uns an das Mycelium eines Pilzes, wie er aus einer Spore hervorsproßt, und die einzelnen Röhren, aus denen das Gefäßsystem besteht, erinnern an die Hyphen dieses Mycelium. Wir wollen daher diesem Symbioten, der denselben zugrunde liegt, den Namen *Hyphoid* beilegen. Das erinnert uns daran, daß wir in ihm einen Gegensatz haben, gegen die Symbioten, die den Epithelzellen zugrunde liegen. Die Derivate dieser Epithelzellen vermitteln die Bewegung des Organismus, wir müssen daher annehmen, daß den Symbioten, die sie bilden, die Eigenschaft der Beweglichkeit zukomme, und wir wollen sie daher bezeichnen als *Zooide.* Um sie zu unterscheiden, spreche ich einstweilen von dem Zooid Ca, demjenigen, welches im Organismus den größeren Anteil an der Kalkgrundlage hat, und dem Zooid S für die Kieselsäuregrundlage.

Nun begegnen wir weiter einer Tatsache, welche uns davor warnt, die Parallele zwischen unserem Hyphoid und den Hyphen eines Pilzes allzuweit auszudehnen. Jenem Gefäßbaum, der aus dem Herzen hervorwächst, entspricht ein zweiter, der zum Herzen

hingeht. Es gibt Arterien und Venen, sagt die Physiologie, und die beiden stehen im Zusammenhang. Statt daß wir an den Spitzen des Gefäßbaumes der Arterien die Geschlechtsorgane des Pilzes sehen, welche immer neue Sporen bilden, und das Mycel weiter und weiter ausdehnen, statt dessen haben wir eine Umkehr, eine Rückkehr der Gefäße zum Herzen, wobei dieselben sich wieder vereinigen. Was bedeutet das? Schon sind wir vorbereitet, in den Teilen des Organismus zwei Zustände zu finden, die miteinander abwechseln und die sich einander entgegensetzen. Sollte das auch in dem Hyphoid der Fall sein? Beruht das Herausströmen des Blutes aus dem Herzen und sein Wiederhineinströmen auf einer solchen Abwechselung der Zustände?

Daß das Nervensystem, welches sich vereinigt, etwas anderes sein muß, als ein Hyphoid, das sich verzweigt, liegt auf der Hand. Aber was ist es? Wir haben bei Besprechung der Resorption und Sekretion gesehen, daß die Abwechselung der Zustände beruhe auf einer Störung des Gleichgewichts zwischen den Symbioten. Kommen dort die beiden Zooide in ihrem Verhältnis zueinander in Betracht, so könnte es hier das Gleichgewicht zwischen Hyphoid und Zooid sein.

Ein solches Gleichgewicht muß ja existieren. Wenn das Arteriensystem einem Hyphoid vergleichbar ist, und wenn wir die geschlechtliche Generation eines solchen ins Auge fassen, dann stehen auf der Spitze der Hyphen desselben anstatt Ascogon und Pollinodium die Epithelzellen. Und wiederum bilden die Epithelzellen die Wurzel des Venensystems, welches im Herzen gipfelt. Als was erscheinen sie da? Einmal entsprechen sie den Geschlechtsprodukten des Hyphoids, und gleichzeitig enthalten sie die Zooide, wie wir früher sahen.

Wäre demnach das Venensystem eine Bildung der Zooide? Wenn es dem arteriellen System so sehr gleicht, so muß es doch auch das Hyphoid als Grundlage haben. Eine Verbindung von Arterie und Vene schiebt sich zwischen die Epithelzellen und Blutgefäße, sie verhindert, daß die Epithelzelle als Geschlechtsprodukt des Hyphoids erscheint, und sie ist gleichzeitig die Ursache des umgekehrten Baumes, den die Venen darstellen. Dieses Etwas findet sich in den Kapillaren, es muß die Endothelzelle sein. Sie trennt die Epithelzellen von den Gefäßen, und sie muß gleichzeitig

eine Bildung der Zooide sein. Betrachten wir sie, so muß uns ihre Ähnlichkeit mit den Epithelzellen gleich auffallen, ihr Name sagt das ja auch schon. Sie beruht auf der Abgrenzung als Zelle und verrät dadurch ihre Beziehung zu den Zooiden, während das Hyphoid die Verbindung aller einzelnen Teile untereinander darstellt. Die Doppelnatur der Zelle in ihrer Stellung zu den Symbioten beginnt sich bemerkbar zu machen. Der sich ausbreitende Teil des Gefäßsystems, der arterielle, geht von dem Hyphoid, der sich zusammenschließende, venöse, von dem Zooid aus. Und doch trägt die arterielle Ausbreitung an ihrer Spitze die Epithelzelle, welche die Zooide als Symbioten hat, die Venen anderseits, die von den Zooiden ausgehen, gleichen den Arterien in ihrem Hyphoidcharakter. Das Blut, der Inhalt gehört abwechselnd dem einen und dem anderen Zustand an.

Warum aber, wird man fragen, haben wir Endothelien nicht bloß in den Venen, sondern auch in den Arterien? Ja, so gut wie die Venen eine Fortsetzung der Arterien sind, so gut sind die Arterien eine der Venen. Jene Wandung, die das Blut einschließt, ist eine ununterbrochene. Wenn nun die Endothelien die Produkte der Zooide sind, die an diese Wand abgegeben werden, was stellt den Anteil des Hyphoids dar? Ja die Kittsubstanz, in die die Endothelien eingebettet sind, wie uns die mit Silbernitrat erzeugten Linien zeigen. Die Kittsubstanz wächst als Hyphoid aus dem Herzen heraus, den Epithelien entgegen. Wo die beiden zusammenstoßen wird von den Zooiden die Endothelzelle in diese Wand hineingefügt, und damit die Rückkehr zum Herzen angebahnt. In bezug auf die Kittsubstanz ist das Herz die Spore, aus der dies Hyphoid herauswächst, in bezug auf die Endothelzelle ist es das bewegliche Organ, welches das rückkehrende Blut wieder heraustreibt. Welchem Zooiden sollen wir nun die Endothelzellen zuschreiben? Die Rolle, die sie dem Kalk gegenüber spielen, klärt uns da auf. Sie nehmen den Kalk aus dem Blut beständig weg und verhindern dadurch die Gerinnung, sagt uns die Physiologie. Sie nehmen den Kalk auf und verkalken dabei, das ist die Arteriosklerose, lehrt uns die Pathologie.

Diese Beziehung zum Kalk verrät uns, daß sie dem Zooid Ca ihre Entstehung verdanken. Zwischen ihm und dem Hyphoid schwankt also das Gleichgewicht, dem die zwei Strömungsrichtungen

im Blut, also sein Kreislauf, die Entstehung verdankt. Da wir schon wissen, daß das Zooid Ca im inneren Keimblatt bei der Resorption die Oberhand hat, und da auf dieser Resorption die Füllung des Blutes mit Stoffen, die durch den Kreislauf im Körper verteilt werden sollen, beruht, so wundert uns nicht, daß auf diesem Verhältnis der Kreislauf beruht. Wir finden es weiter sehr erklärlich, daß die Endothelzellen fortwährend den Kalk aus der Blutflüssigkeit wegnehmen. Denn die Stoffe, die das Blut verteilen sollen, sind ja durch das innere Keimblatt und die Leber hindurchgegangen, sie sind Bestandteile des Zooids Ca geworden, und sie müssen dessen Grundsubstanz wieder los werden, wenn sie nicht gerinnen sollen.

5. Blutbildung.

Man muß hier unterscheiden die Bildung des flüssigen Blutes und des geformten Blutes, der Blutkörperchen. Das flüssige Blut das Blutplasma stellt die erste Übergangsstufe zwischen den Bestandteilen der Nahrung und denen des Organismus dar. Noch sind die ersteren gelöst, noch haben sie keine morphologische Struktur. Derjenige Bestandteil, welcher eine solche annehmen kann, wenn das Blut gerinnt, das Fibrinogen, stammt wahrscheinlich aus der Leber. Man hat wenigstens gesehen, daß wenn der Kreislauf die Leber überspringt, wenn die Pfortader direkt mit der Lebervene verbunden wird unter Umgehung der Leber, das Blut seine Gerinnungsfähigkeit einbüßt, und man deutet dies auf ein Verschwinden des Fibrinogens.[1])

Aus den Bestandteilen der Nahrung, die die Pfortader der Leber zuführte, hat dieselbe das Fibrinogen gebildet. Nachher ist dieser Stoff des Zooids in das Hyphoid übergegangen, dort lebt er eine Doppelexistenz. Flüssig, so lange er ein echter Hyphoidbestandteil ist, wird er fest, sobald der Kalk durch das Fibrinferment in eine andere Bindung übergeführt wird, d. h. sobald er wieder zu einem Zooidstoff geformt wird.

[1]) P. Nolf, Des modifications de la coagulation du sang du chien après l'exstirp. du foie. Arch. intern. de Physiol. III.

Sehen wir uns nun das geformte Blut, die Blutkörperchen an. Es sind die ersten morphologischen Strukturen, die der Organismus bildet aus den aufgenommenen Nahrungsbestandteilen, und er bildet sie fortwährend. Denn auch diese Blutkörperchen haben ihr fortwährendes Entstehen und Vergehen. Die zwei Zustände, die das vorige Kapitel für das ganze Blut konstatierte, gelten auch für sie. Sie sind nicht dieselben, wenn sie aus dem Herzen heraus in die Arterien strömen, oder wenn sie in den Venen zum Herzen zurückkehren. Dort gehören sie dem Hyphoid an, hier dagegen sind sie Teile des Zooids.

Wie können sie beides gleichzeitig sein? Ja sie müssen eben immer wieder umgeformt werden durch Entstehen und Vergehen. Schon in den Betrachtungen der ersten Abteilung habe ich darauf aufmerksam gemacht, daß wir bei dem Frosche ein zwölfmaliges Aufblühen des Blutes während des Jahres haben, und in der physiologisch-chemischen Analyse bin ich darauf zurückgekommen, wie die Bestimmungen der Menge von Galle, die wir in 24 Stunden produzieren, uns zeigt, daß in 50 Tagen oder weniger die Gesamtmenge des Blutfarbstoffes zerlegt werden könne. Ist das nun nicht ein Widerspruch? Schon eine einzige Rückkehr zum Herzen soll ja schon den Charakter der Blutkörperchen ändern, seine Umbildung herbeiführen? Aber die Leber arbeitet ganz kontinuierlich, gleichmäßig. Bei jeder Durchströmung wird sie eine Anzahl der Blutkörperchen zerstören, und deren Summe erst macht, angesichts der ungeheuren Zahl von Blutkörperchen in einer meßbaren Zeit den meßbaren Unterschied.

Die Leber nun bildet auch, haben wir im dritten Kapitel gesehen, den Blutfarbstoff. Das Eisen, das bei der Spaltung desselben in Hämatoporphyrin übrig blieb, wird bei der Neubildung wieder aufgenommen. Aber nur das Hämatoporphyrin resp. das Hämatin bildet die Leber wieder, von den anderen Bestandteilen, von den ganzen Körperchen wissen wir das nicht. Zwei andere Organe, die Milz und das Knochenmark, streiten mit der Leber um diese Funktion. Am wahrscheinlichsten ist es, daß diesen drei Organen die Funktion gemeinschaftlich zukommt, denn in allen dreien sehen wir Zellen, die darauf hindeuten, daß sie Bildungsstadien von Blutkörperchen enthalten. In der Milz sind Zellen vorhanden,

die in der Mitte stehen zwischen amöboiden Zellen und Endothelien, die ich deshalb endotheloide Zellen nennen will. Diese enthalten in Lücken, die sich in ihrem Protoplasma finden als Einschlüsse Gebilde, die durch ihre Färbung verraten, daß sie dem Leibe der Blutkörperchen entsprechen.[1]) Nun ist das Blutkörperchen ein kompliziertes Gebilde, und man kann sich allenfalls denken, daß drei verschiedene Organe an seinem Bau mit arbeiten. Aber wie kann es kommen, daß man in allen ähnliche Bilder findet, sie können doch nicht alle desselbe machen. Dazu kommt noch eins. Alle Befunde sprechen dafür, daß die Blutkörperchen sich durch Teilung vermehren, durch Kernteilung, und daß sie zu diesem Zwecke Kerne bekommen. Ich selbst habe, wie schon früher bemerkt, diese Kerne in den Blutkörperchen bei der Vermehrung gesehen, welche dieselben bei beträchtlicher Erhebung über den Meeresspiegel erfahren,[2]) oft sind sie bei Embryonen gesehen worden, oft bei Krankheiten.[3]) Diese Kerne verschwinden wieder, und Tschistowitsch und W. Piwowarow[4]) haben beobachtet, wie sie aus den Blutkörperchen wieder herauskriechen. Die Myeloplaques im Knochenmark, jene Riesenzellen mit vielen Kernen erscheinen so recht als Reservoire, um die Kerne aufzubewahren, bis sie von den Blutkörperchen wieder gebraucht werden.

Wenn nun bei einer Vermehrung die neuen Zellen durch Teilung der alten entstehen, warum nicht auch bei der regelmäßigen Blutbildung, die doch auch nichts ist wie eine Vermehrung? Was haben dann Milz, Leber und Knochenmark mit der Bildung zu tun, das letztere abgesehen von jener Aufbewahrung der Kerne? Und diese letztere, was ist sie selbst für ein Vorgang im Sinne unserer Auffassung? Das eine, die Bildung von Material für den Bau der Blutkörperchen stört das andere, die Vermehrung durch Teilung nicht. Denn ohne daß neues Material gebildet wird, können die geteilten Blutkörperchen ja doch nicht zur alten Größe heranwachsen, sie müßten sich sonst ja fortwährend verkleinern. Der

---

[1]) A. Gaule, Methods of Staining and Fixing the Elements of the Blood. Am. Naturalist 1887.

[2]) J. Gaule, Die Blutbildung im Luftballon. Pfl. Arch. 89, 1902.

[3]) Jünger, Deutsch. Arch. f. klin. Med. 67.

[4]) N. Tschistowitsch u. W. Piwowarow, Die Morphologie des Kaninchenblutes usw. A. f. mikr. A. 57.

eine Vorgang schließt also den anderen nicht aus. Betrachten wir zunächst die Teilung. Wir haben gesehen, daß ein Übergehen in den Zustand eines Teils des Zooids Ca, wie es bei dem Rückströmen in den Venen stattfindet, das Zugrundegehen der Blutkörperchen herbeiführt. Dadurch wird aber das Gleichgewicht zwischen dem Zooid Ca und dem Zooid S gestört, auf welchem, wie wir früher sahen, das Gesamtgleichgewicht des Organismus beruht. Dieses muß also wieder hergestellt werden, und das geschieht durch eine Wiedervermehrung der Blutkörperchen.

Hierzu eignet sich der Vorgang der Teilung, von dem wir schon in der embryologischen Analyse sprachen, eingeleitet durch den Kern, der auf der Stütze des Tricalciumphosphates ruht, das also auch vorwiegend dem Zooid Ca angehört. So lang das Blutkörperchen dem Zooid Ca angehört, also in den Venen, bei geringem Sauerstoffdruck, ist es zugänglich für dieses Calciumphosphat. Bei hohem Sauerstoffdruck in den Arterien, als Teil des Hyphoids, ist es unzugänglich für das Calciumphosphat oder stößt dasselbe aus. Daher sehen wir ein, wie auch die Meereshöhe, die verknüpft ist mit einer Abnahme des Sauerstoffdrucks, das Erscheinen der Kerne und die Vermehrung der Blutkörperchen bewirkt. Es ist auch leicht verständlich, weshalb gerade das Knochenmark zur Wartezelle für diese Kerne wird, da ja der Knochen das größte Magazin für Tricalciumphosphat ist. Fassen wir dann die Materialbildung für die Blutkörperchen in den drei Organen Milz, Leber, Knochenmark ins Auge. Wir müssen uns erinnern, daß wir die eisenhaltige Grundlage entdeckt haben in den Zellen des inneren wie äußeren Keimblattes, in den Plasmosomen. Wir erinnern uns weiter, daß diese Plasmosomen oder Zentrosomen, wie wir damals auch sagten, bei der ersten Teilung die Grundlage lieferten für die Bahn, welche inneres und äußeres Keimblatt trennt. In ihr entsteht die Blutbahn. Im weiteren Verlauf des Lebens dient uns dies als Anhalt, um uns zu merken, die Bildung und Zerstörung der Blutkörperchen kann sich doch nicht ganz innerhalb der Gefäße vollziehen. Drei Quellen und drei Endziele haben wir für das Material der Blutkörperchen. Erstens das, was innerhalb der Blutbahn verbleibt und von einer Generation auf die andere übertragen wird, zweitens und drittens die Plasmosomen des inneren und äußeren Keimblatts. Das letztere geht hinein und hinaus aus den Gefäßen. Nun haben

wir bereits in dem Kapitel über die Leber gelernt, daß die Durchlässigkeit der Gefäß- und Zellenwand nicht gleich ist beim Hinein- und Hinausgehen. Wenn der Blutfarbstoff mit dem venösen Blut der Pfortader ankam, floß er bei geringem Sauerstoffdruck in die Gallengänge ab, wenn er gebildet wurde bei hohem Druck floß er ab in die Vena centralis.

Nun haben die Milz wie das Knochenmark wandungslose Blutgefäße. Das Hindernis für das Hinaustreten eisenhaltigen Materials in die Blutbahn aus den Plasmosomen ist hier weggenommen. Warum tritt dasselbe hinzu in den endotheloiden Zellen? Ja die Epithelzellen bedürfen eines Vermittlers für den Transport ihres Plasmosomenmaterials an das Blut. Dieser Vermittler muß beweglich, also amöboid, und dabei bereit sein, in eine Endothelzelle überzugehen, wenn er sein Material an ein Blutkörperchen abgeliefert hat.

Warum aber zwei Orte, Milz und Knochenmark, wo dies geschieht? Ja weil wir zwei Arten von Plasmosomen haben, im inneren wie äußeren Keimblatt. In jedem Plasmosoma sind auf der eisenhaltigen Grundlage die Anteile der beiden Zooide etwas verschieden verteilt, und die verschiedenen Zooide bedingen einen verschiedenen Eintritt in das Hyphoid. Sind nun diese Aufnahmen und Abgaben zwischen Hyphoid und Zooid häufig? Gewiß, denn fortwährend wird ja das Gleichgewicht zwischen den Zooiden gestört, und fortwährend wird dasselbe vermittelst des Hyphoids wieder hergestellt, wie ich schon sagte. Jede solche Ausgleichung aber bedingt eine solche Aufnahme oder Abgabe zwischen Plasmosomen und Blutkörperchen.

---

6. Herz und Blutbewegung.

Durch die Arterien und Venen werden Körperchen und Plasma fortwährend hindurchgetrieben. Immer gehen sie, wie wir gesehen haben, ausgehend von dem Hyphoid hinaus, immer kehren sie ausgehend von dem Zooid zurück. Die Quelle dieser Bewegungen liegt im Herzen, aber nicht ganz ohne Einfluß darauf sind auch die Arterien mit ihrer Elastizität und ihrer Muskulatur. Diese Muskeln sind glatte, während das Herz quergestreifte Muskeln

besitzt. Aber diese letzteren unterscheiden sich von den Muskeln des Skeletts wesentlich dadurch, daß sie verzweigt untereinander zusammenhängen, daß sie kein Sarkolemm haben, daß jedes Element nur einen Kern besitzt. Sie gleichen in letzterer Beziehung den glatten Muskeln, und man spricht von ihnen als den Muskelzellen, im Gegensatz zu den Muskelfasern des Skelettes, die viele Kerne enthalten. Sie sind unwillkürlich. Zwar verbindet sie mit dem Gehirn ein markhaltiger Nerv, der nervus vagus, aber der regt das Herz nicht zur Kontraktion an, er hemmt es nur, verursacht die Erweiterung, in letzter Linie den Stillstand des Herzens.

Der Einfluß der Nerven auf die Tätigkeit des Herzens ist überhaupt ein Rätsel. Es mangelt dem Herz nicht an Nerven, der Vagus und der Sympathikus verbinden es mit den betreffenden Zentren. Es enthält in seinen eigenen Wandungen noch drei besondere Ganglien, die nach ihren Entdeckern als Remak'sche, Ludwig'sche, Bidder'sche bezeichnet werden. Aber isoliert von den Nerven, entblößt von den Ganglien schlägt die Herzspitze noch, kontrahieren sich sogar einzelne Streifen der Herzwand, die nur aus Muskulatur bestehen.

Es haben sich daher zwei Ansichten gebildet, die sich als myogene[1]) und neurogene[2]) unterscheiden, von denen die eine die Ursache der Herzkontraktion in die Muskeln, die andere in die Nerven verlegt. Die letzteren erklären jenes Schlagen ohne Nerven, von dem ich eben berichtete, als Ausnahme, oder sie nehmen an, daß es neben den mikroskopisch als solche erkennbaren noch andere bis jetzt unbekannte Elemente im Herzen gebe,[3]) welchen die Eigenschaften von Nerven zukomme. Wie dem nun auch sei, jedenfalls verdankt das Herz die Fähigkeit, sein Blut in die Adern zu entleeren, seinen Muskeln, und jedenfalls ist seine Tätigkeit eine rhythmische, es folgen Verengerung und Erweiterung des Herzens, Zusammenziehung und Erschlaffung seiner Muskeln, Systole und Diastole ununterbrochen aufeinander.

Was sollen wir im Sinne unserer Auffassung davon halten?

---

[1]) Th. W. Engelmann, Über die physiol. Grundvermögen d. Herzmuskelsubstanz usw. Arch. f. (A. u.) Phys. 1903.

[2]) K. Kaiser, Untersuchungen über die Rhythmicität der Herzbewegungen. Zeitschr. f. Biologie XXXII.

[3]) S. v. Basch, Herzrhythmik u. Herzarythmie. Pfl. Arch. 101, 1904.

Offenbar ist nach derselben auch das Herz in einem doppelten Zustand. Wenn es das Blut in die Arterien entleert, dann ist es der Anfang des Hyphoids, die Spore, aus der dasselbe entspringt. Wenn dagegen das Blut zum Herzen zurückkehrt, so ist es der Zusammenflußort der Zooide, nennen wir es einstweilen einmal das Plasmodium, um einen bildlichen Ausdruck zu haben. Verengerung und Erweiterung, Systole und Diastole stellen uns diese beiden Zustände dar. Nun erscheint der Muskel, welcher diese Veränderung bewirkt, als eine eigentümliche Kombination der glatten und der quergestreiften Muskeln. Er ist selbst quergestreift, das hat er mit den Skelettmuskeln gemein. Er ist einzellig, hat kein Sarkolemm, hängt mit anderen zusammen, das macht ihn den glatten Muskeln ähnlich. Eine eigentümliche Kittsubstanz verbindet die einzelnen Elemente gerade wie bei den glatten Muskeln. Nur die Art der Verzweigung ist ihm ganz eigentümlich.

Nun besitzen die Arterien eine tunica media, in der glatte Muskelfasern eingelagert sind, bei den größten Venen dagegen wurden in der tunica adventitia Muskeln gefunden.[1]) Wäre dann der Herzmuskel eine Kombination der Muskeln von Arterien und Venen, jene dem Hyphoid, diese dem Zooid entsprechend. Glatte Muskeln unterliegen der Einwirkung des Sympathikus, quergestreifte der der markhaltigen Cerebrospinalnerven. Auch im Herzen haben wir beide. Jener bewirkt die Kontraktion, wenn er gereizt wird, den Übergang in das Hyphoid, die Entleerungen in die Arterien, dieser der Vagus die Dilatation, den Übergang in das Zooid, die Füllung durch die Venen.

Aber sollen die quergestreiften Muskeln eine Dilatation bewirken können, wenn sie tätig werden oder ist es die Zusammenordnung des glatten und quergestreiften Anteils? Der negative Druck im Herzen, den Goltz und ich[2]) im Beginn der Diastole gefunden haben, läßt sich auch in dieser Weise deuten. Der Herzmuskel geht in den Zustand der Ruhe über, glatter wie quergestreifter Anteil erschlaffen. Hier stößt uns das erste Beispiel einer kombinierten Tätigkeit der beiden Zooide in derselben Zelle auf.

[1]) E. Succard. Observ. nouv. sur la structure du tronc de la veine porte. Trav. d. Lab. d. Hist. d. C. d. Fr. L. Ranvier 1901.

[2]) Goltz u. Gaule, Über die Druckverhältnisse im Innern d. Herzens. Pfl. Arch. 17.

Beide arbeiten zusammen und doch überwiegt in einem Moment der Anteil den einen im nächsten der des andern Zooids. Denn der Anteil des Zooids Ca ist jener der glatten, der Ringmuskeln. Ihre Kontraktion bedeutet Verengerung und sie dauert länger als bei den quergestreiften. Die Arbeit des Zooids S dagegen kann erst beginnen, wenn sie zu Ende ist. Das kann durch die Wirkung des Zooids S auf das Zooid Ca herbeigeführt werden. Dieses ist der Moment der Erweiterung. Das Herz ist ein Beutel, seine Muskeln sind in eigentümlichen Schleifen, die von der Basis der Ventrikel und Vorhöfe, dem Annulus fibrosus ausgehen, angeordnet. Im Ventrikel umkreisen diese Schleifen die Spitze; sie sind die Ursache, weshalb die Spitze bei jedem Herzschlag in eigentümlicher Weise gedreht und gehoben wird und an die Brustwand anstößt. Der eigentliche Sinn dieser sonst so rätselhaften Anordnung mag wohl der sein, daß hierdurch die Lageveränderung in der Herzmuskelzelle ermöglicht wird, wodurch zuerst im Beginn der Diastole Wirkung des Zooids Ca zu Ende kommt, dann aber, sobald eine gewisse Füllung erreicht ist, die des Zooids S beginnt. Nehmen wir an, wie wir seither schon getan, dem glatten Muskelanteil liegt wesentlich zugrunde das Zooid Ca, dem quergestreiften das Zooid S, so haben wir hier eine Aufeinanderfolge der Tätigkeit dieser beiden, ein Vorgang, von der Kontraktion des einen nach dem anderen, herbeigeführt durch die Lageveränderung.

Aber diese Lageveränderung ist nur wirksam, weil die beiden in einer Zelle kombiniert sind, und weil sich in der Zelle noch etwas findet, was auf sie beide wirkt. Was ist das? Im Alter oder nach angestrengter Tätigkeit des Herzens finden wir die sogenannte braune Induration in demselben. Dieselbe verrät sich nur mikroskopisch durch die Anwesenheit brauner Pigmentkörnchen um den Kern herum in dem Sarkoplasma gelagert. Die physiologische Chemie läßt uns nicht zweifeln, daß wir es hier mit Derivaten des Hämoglobins zu tun haben, und wieder führt uns der Befund dazu, anzunehmen, daß das Hämoglobin eine Rolle in diesen Zellen gespielt haben muß.

Welche Rolle? Ja wir können nach unserer Auffassung den Übergang der Tätigkeit von einem Zooid zum anderen nicht isolieren von der vom Zooid zum Hyphoid, die wir bereits besprochen.

Ausgehend von dem Zooid Ca kommt das Blut zum Herzen zurück, begleitet von den Längsmuskeln, die wir auf der Grundlage des Zooids S aufgebaut erkannten. Ausgehend von dem Hyphoid verläßt das Blut das Herz wieder, nachdem Zooid S und Zooid Ca tätig geworden. Es wird dann im Körper wieder umgewandelt. Was geschieht dann im Körper mit ihm? Es wird reduziert, es verliert seinen Sauerstoff. Und damit wird in den Blutkörperchen der Zooidanteil wieder mächtig.

Wieder aber drängt sich das Hämoglobin dazwischen, wenn das Zooid S in das Zooid Ca übergeht. Diesmal muß es in entgegengesetztem Sinne geschehen, denn das Herz geht ja dabei aus dem erweiterten in den verengerten Zustand über. Aber nicht das ganze Hämoglobin wird hier oxydiert, sondern das in den Muskelzellen des Herzens befindliche oder dorthinein eindringende. So wird es uns verständlich, wie Locke[1]) die Kontraktionen des Herzens hervorruft, indem er mit Sauerstoff gesättigte Flüssigkeit durch dasselbe hindurchströmen läßt. So wird uns auch die große Empfindlichkeit des Herzens gegenüber der Alkaleszenz, der dasselbe durchströmenden Flüssigkeit verständlich, welche ich seinerzeit konstatierte.[2]) Die Reduktion des Blutes im Organismus entspricht nicht bloß einem Weggehen des Sauerstoffs, sondern auch einer Aufnahme von Säure. Die Säuren, die wir da antreffen, sind ja Oxydationsprodukte des Kohlenstoffes, Resultate der Arbeitsleistung. In letzter Instanz verursacht die Arbeit des Herzens selbst eine solche Säurebildung. Sie muß weggenommen werden, wenn im Blut wieder der Hyphoidzustand maßgebend werden und das Herz schlagen soll. So stellt sich das Hyphoid zwischen Zooid S und Zooid Ca und wieder zwischen Zooid Ca und Zooid S, und die abwechselnde Oxydation und Reduktion des Hämoglobins hilft ihm dabei. Aber auch Salze sind zu diesem Übergang notwendig, denn er beruht auf Osmose. Ringer[3]) hat konstatiert, daß außer Na- auch K- und Ca-Salze dabei gebraucht werden. Wenn ich meine Resultate mit NaCl-

[1]) F. S. Locke, Demonstrat. v. d. Phys. Kongr. i. Turin. Zentralbl. f. Phys. XV, 1901.

[2]) J. Gaule, Die Leistungen des entbl. Froschherzens. Arch. für (A. u.) Phys. 1878.

[3]) S. Ringer, The influence of Carb. Acid. Diss. i. Sal. Sol. etc. J. of Phys. XIV, 1893.

Lösung allein erhielt, so mag dabei der Umstand mitgewirkt haben, daß jene Herzen die geringen Mengen von Ca- und K-Salzen, die sie brauchten, bereits enthielten. Nicht alle aber sind gleichbegünstigt.

7. Bewegung.

Was ist es nun eigentlich, was die Kraft entwickelt, die das Blut aus dem Herzen heraustreibt, wird man sich im vorigen Kapitel gefragt haben. Es ist eine Formveränderung des Muskels, und was man darüber weiß, will ich hier im Zusammenhang für alle Muskeln erörtern. Zunächst handelt es sich dabei nicht um eine wirkliche Kontraktion. Der Muskel ändert wohl seine Form, nicht aber sein Volum. Das hat Ewald[1]) endgültig festgestellt. Es kann sich dabei nur darum handeln, daß innerhalb des Muskels etwas seinen Ort ändert, nicht aber darum, daß etwas aus dem Muskel heraus oder in ihn hineingeht. Der Muskel wird kürzer und dicker, so lehrt uns der Augenschein während seiner Tätigkeit. Was er an Querschnitt gewinnt, verliert er an Länge, schließen wir, das Produkt beider muß sich gleich bleiben. Nun ist uns das sehr wichtig, weil wir aus den Untersuchungen Engelmanns[2]) wissen, daß es sich bei der Tätigkeit um eine Quellung handelt. Diese Untersuchungen beziehen sich auf den quergestreiften Insektenmuskel, nach allem aber, was wir sonst wissen, sind die grundlegenden Vorgänge bei allen anderen, auch den glatten, Muskeln dieselben. An dem so sorgfältig bearbeiteten Insektenmuskel aber können wir dasjenige sehen, was bei den anderen so klein ist, daß es uns entgeht. Die Einheit des Insektenmuskels bildet das Muskelprisma, auch Muskelkästchen genannt, begrenzt nach allen Seiten, durch eine Art Kittsubstanz. Nach den Seiten trennen sich die Fibrillen leicht voneinander, oben und unten begrenzen die Zwischenscheiben, die an die Oberfläche tretend, dieselbe leicht einschnüren, das Muskelprisma. In demselben liegen nun zweierlei Arten von Substanzen, die sich durch ihre Brechbarkeit, ihre Färb-

[1]) J. R. Ewald, Ändert sich das Volum d. Muskels b. d. Kontr? Pfl. Arch. 41, 1887.

[2]) Engelmann, Über den Ursprung d. Muskelkraft. Leipzig 1893.

barkeit und ihr Verhalten zum polarisierten Licht unterscheiden. Man spricht daher von der dunklen, der stark lichtbrechenden oder anisotropen Substanz, im Gegensatz zu der hellen, schwachlichtbrechenden oder isotropen. Brücke[1]) hat wahrscheinlich gemacht, daß die erstere aus festen Körpern, die er Disdiaklasten nannte, die letztere aus einer Flüssigkeit bestehe. Der Gegensatz der beiden Substanzen verursacht die Querstreifung, denn in den nebeneinandergelegten Fibrillen der Muskelfaser finden sich anisotrope wie isotrope Substanzen, in gleicher Höhe in den Nachbarn. Engelmann[2]) beobachtete nun solche Muskelprismen unter dem Mikroskop während der Tätigkeit, da gewisse Insektenmuskeln ein langes Überleben zeigen. Das erste, was zu beobachten war, betraf die Formveränderung des ganzen Prismas. Diese entsprach der des ganzen Muskels, so daß die letztere erscheint als die Summe dessen, was sich in unzähligen einzelnen Prismen vollzieht. Deutlicher aber wurde, als man das einzelne Prisma ins Auge faßte, daß sich seine Form der Kugelgestalt nähert, wenn es in die Tätigkeit übergeht. Die zweite Beobachtung betraf das Verhältnis der beiden Substanzen in dem Prisma. Die Querstreifung geht verloren. Beide Substanzen erlangen die gleiche Lichtbrechung, und wenn die Differenz in derselben vorher darauf beruhte, daß die eine fest, die andere flüssig war, so müssen nun Flüssigkeit und Festigkeit im Prisma gleichmäßig verteilt sein. Engelmann schloß darauf wohl mit Recht, daß bei der Tätigkeit die Flüssigkeit in die vorher festen Körper eindringe, daß dabei die letzteren ihr Volum ändern und nunmehr, nachdem sie die Flüssigkeit aufgenommen, das ganze Volum des Muskelprismas erfüllen. Wir nennen einen solchen Vorgang eine Quellung, und wir verstehen, wie bei demselben eine Formänderung, eine Annäherung an die Kugelgestalt entsteht und eine Kraft entwickelt wird. Was uns zuerst fremdartig erscheint, ist, daß ein solcher Vorgang, dessen Langsamkeit wir aus der Erfahrung kennen, der rasch sich vollziehenden Kontraktion der quergestreiften Muskeln zugrunde liegen solle. Engelmann schob diese Schnelligkeit auf die Kleinheit der Wege, welche

---

[1]) Brücke, Untersuchungen ü. d. Bau d. Muskelfasern mit Hilfe d. polar. Lichtes. Denkschr. d. W. Akad. XV, 1858.

[2]) Th. W. Engelmann, Über d. Ursprung d. Muskelkraft. Leipzig 1893.

die Flüssigkeitsmoleküle zurückzulegen haben. Eben die Ordnung zwischen anisotroper und isotroper Substanz, welche die Querstreifung herbeiführt, bedingt ja die Benachbarung der quellenden und der eindringenden Moleküle. Sodann zeigte er, wie auch eine sonst langsam verlaufende Quellung sich rasch vollziehe, wenn durch die Wärme die Flüssigkeitsmoleküle beschleunigt werden. Er tauchte eine Darmsaite in Wasser und wand einen dünnen Platindraht spiralig um dieselbe. Wenn er dann einen elektrischen Strom durch den Draht schickte, so verkürzte sich die Saite und hob ein Gewicht fast wie ein gereizter Muskel. Der Strom erwärmte eben den Draht, weil dieser dünn war, die Wärme teilte sich der Flüssigkeit mit, deren Moleküle wurden entsprechend beschleunigt und brachten die Saite rasch zum Quellen, indem sie in dieselbe eindrangen.

Warum nun aber quillt die anisotrope Substanz nicht in der isotropen in der Ruhe, warum nur nach der Reizung? Um das zu begreifen müssen wir uns bekannt machen mit den Resultaten, welche Bernstein,[1]) Brünings[2]) und Höber[3]) an den Muskeln erhielten, und auf die ich in der physikalisch-chemischen Analyse schon etwas einging. Wir sahen da bereits, wie der verletzte Muskel einen elektrischen Strom erzeugt, indem sein Querschnitt sich negativ verhält gegen seinen Längsschnitt. Ferner wurden wir damit bekannt, daß dieser elektrische Strom beruhe auf einem Hindernis, welches der unversehrte Längsschnitt den Kationen für das Durchtreten bereite, während sie am verletzten Querschnitt ebenso wie die Anionen hinein- und hinaustreten können. Hermann[4]) hat nun schon darauf aufmerksam gemacht, daß dieser Strom des verletzten Muskels eine Beziehung zu dem bei der Tätigkeit auftretenden Aktionsstrom habe, weil eine tätige Stelle sich ebenso verhalte wie eine verletzte Stelle. In dem tätigen Muskel ist also auch die Durchlässigkeit der Membranen im Muskel geändert gegenüber den Kationen. Diesen Schluß haben Bernstein und Brünings gezogen und Höber hat

---

[1]) Bernstein, Unters. z. Thermodyn. d. bioelektr. Ströme. Pfl. Arch. 92, 1902.
[2]) Brünings, Beitr. z. Elektrophysiol. Pfl. Arch. 100, 1903.
[3]) Höber, K., Über d. Einfluß d. Salz. a. d. Ruhestrom. Pfl. Arch. 106, 1905.
[4]) L. Hermann, Handbuch d. Physiologie I.

ihn erweitert, indem er zeigte, wie die Salze den elektrischen Strom des Muskels in derselben Reihenfolge verändern, wie sie das kolloide Eiweiß ausfällen, d. h. seine Durchlässigkeit für Ionen beeinflussen. Engelmanns Untersuchungen zeigen die Membran, deren Durchlässigkeit verändert wird, sobald der Muskel in Tätigkeit tritt, ist diejenige, welche die anisotrope Substanz von der isotropen trennt. Sobald sie durchlässig geworden ist, eilt die Flüssigkeit hindurch und die Quellung beginnt.

Was hat nun das mit unseren Vorstellungen zu tun? Erstens der Nerv ist es, welcher den Muskel reizt. Der Nerv ist aber eine Bahn welche entsteht mit den Membranen bei der Teilung, und er wirkt auf Membranen. Das, was er dem Muskel zuleitet, verändert die dort vorhandenen Membranen, die innersten, denn bis zu diesen dringt der Nerv hin. Der Muskel ist nun keine gewöhnliche Zelle, von der wir gelernt hatten, daß sie drei verschiedene Grundsubstanzen hat, und sich durch drei verschiedene Membranen nach außen abschließt.

Was hat den Muskel verändert? Schon die Embryologie belehrt uns, wie die Epithelzellen der Ursegmente zu den Muskelblättern, dann zu den Muskelkästchen auswachsen, welche letzteren die Muskelfibrillen enthalten. Dabei findet eine Umlagerung der Grundsubstanzen statt. Was in den Epithelzellen zu äußerst lag, liegt jetzt zu innerst, und umgekehrt. Dieser Verlagerung der Grundsubstanzen entspricht aber nicht ganz die der organischen Substanzen, und nur durch die sich ausbildenden Hüllen, die um jede Grundsubstanz sich schlingen, werden die organischen Substanzen abgehalten, sich wieder zur Grundsubstanz hinzubegeben, die ihnen ursprünglich zukommt. Jetzt kommt der Nerv und macht diese Hülle plötzlich durchgängig, sofort strömt die organische Substanz hinüber und ihr folgt die Flüssigkeit. Man muß indessen das Strömen der organischen Substanz sich nicht einseitig vorstellen, so gut wie die der isotropen in die anisotrope hineinströmt, so gut strömt auch die der anisotropen heraus, und darauf beruht die Umkehrung der Querstreifung, welche Engelmann[1]) im zweiten Stadium der Verkürzung beobachtete.

Wieso nun macht der Nerv diese Hüllmembranen durchgängig?

[1]) Th. W. Engelmann. Pfl. Arch. VII u. XI, 1873, 1875.

Das kann jetzt noch nicht ganz verstanden werden. Einstweilen mache ich nur darauf aufmerksam, wie der Nerv sich im Zusammenhang mit jener Umbildung der Ursegmente entwickelt, und wie die Bahnen nach unserer Kenntnis von der embryonalen Analyse her eine entscheidende Rolle für die Bildung der Hüllmembranen spielen. Der Nerv macht aber nicht bloß die Membran zwischen anisotroper und isotroper Substanz durchgängig, sondern auch die zwischen Muskelfibrillen und der Lymphe, die sich innerhalb des Sarkolemms befindet. Drei Dinge machen uns das deutlich.

Erstens die Erscheinungen der elektrischen Ströme würden uns sonst nicht verständlich. Die Potentialdifferenzen treten ja nicht innerhalb der Muskelkästchen auf, sonst könnten wir sie nicht wahrnehmen. Sie erscheinen zwischen der Muskelsubstanz und der dieselbe umgebenden Flüssigkeit, im Leben der Lymphe.

Zweitens der Nerv hat zwei Teile, den Achsenzylinder und die Markscheide. Der erstere dringt in die Faser ein, geht hin bis zu den Muskelkästchen, die letztere bleibt außen am Sarkolemm und bildet die Nervenendplatte. Sie muß das Verhältnis des Eintritts von Stoffen aus dem Blut in den Muskel, also das Durchdringen von Lymphe bis zu den zu verbrauchenden Substanzen beherrschen.

Drittens der Muskel verbleibt ja nicht im Zustand der Tätigkeit, er kehrt zur Ruhe zurück. Jene Verteilung der organischen Substanzen auf der Grundsubstanz, die während der Reizung eingetreten war, muß der ursprünglichen wieder Platz machen, und die beide trennenden Hüllen müssen sich wieder schließen. Damit das geschehen kann, muß etwas in den Muskel hinein und etwas aus ihm heraustreten. Was hineintritt, muß das ersetzen, was bei der Kontraktion verbraucht, was heraustritt, das, was bei der Kontraktion gebildet wurde.

Wir können empirisch wie theoretisch etwas von dem ableiten, was das sein wird. Theoretisch wissen wir, daß der Kraftleistung eine gewisse Oxydation entsprechen wird, und empirisch erfahren wir, daß der Muskel bei der Tätigkeit kohlenstoffhaltige Säuren bildet, welche aus ihm entfernt werden.

Wie bei dem Herzen drängt sich auch hier das Blut ein, das Hyphoid in den Stoffwechsel der Zooide. Im ersten Stadium gibt es den Sauerstoff ab, der zur Oxydation dient, im zweiten

Stadium hilft es die Säuren abspalten, wie es zur Rückkehr in den Ruhestand notwendig ist, und nimmt diese auf.

Das kohlenstoffhaltige, nicht das stickstoffhaltige Material liefert die Grundlage für die Kraftentwickelung bei der Muskeltätigkeit, so wissen wir seit Fick und Wislicenus.[1]) Wir sahen denn auch Kohlensäure und Milchsäure auftreten, Glykogen verschwinden bei der Tätigkeit. Wenn es sich aber um eine Ortsänderung der organischen Stoffe, um eine Durchgängigmachung von Membranen handelt, so können Eiweißkörper und Nukleine nach allem, was wir wissen, nicht unverändert bleiben. Wir sahen dann auch im Zersetzungsprodukt das Kreatin auftreten, nicht in einer Menge, die der Kraftentwickelung entspricht, denn deren Quelle liegt wo anders, aber in einer Beziehung zur Formveränderung.

Die beiden entsprechen einander nicht, wie die Variation der absoluten Kraft und der Arbeitsleistung bei männlichen und weiblichen Muskeln ergibt. Die Abweichung des Kreatins und Kreatinins von dem Harnstoff erstaunt uns nicht, wenn wir an die Abhängigkeit dieser Bildung von den morphologischen Einrichtungen denken, von der wir schon bei der Leber sprachen. Endlich kommen die organischen Stoffe für alle osmotischen Erscheinungen in Betracht. Das Kation K ist es wahrscheinlich, welches die Muskelsubstanz bei der Tätigkeit verläßt und dadurch die elektrischen Erscheinungen verursacht, das Kation Ca dagegen kommt für die Veränderungen innerhalb der Muskelkästchen in Betracht, und seine Wichtigkeit wird durch die Versuche von Loeb[2]) illustriert.

---

8. Atmung.

Die Atmung hat als Aufgabe, dem Organismus den Sauerstoff zuzuführen, den er für den Verlauf der chemischen Umsetzungen braucht. Sie entnimmt diesen Sauerstoff der umgebenden Atmosphäre und bedient sich als Hilfsmittel der Atembewegungen und der eigentümlichen Verwandtschaft, welche das Hämoglobin zu dem Sauerstoff besitzt.

---

[1]) Fick u. Wislicenus, Vierteljschr. d. Naturf.-Ges., Zürich 1865.

[2]) J. Loeb, On an Apparently New Form of Muscular Irritability etc. Am. Journ. of Phys. V, 1901.

Durch die Atembewegungen wird in rhythmischer Folge der Thorax erweitert und verengt. Bei der Erweiterung entsteht in dem Thorax ein negativer Druck entsprechend dem Mariotteschen Gesetz, und die umgebende Atmosphäre strömt in diesen Raum, der unter geringerem Druck steht als sie, hinein. Die Wandungen des Raumes, in den die Luft gerät, die Lunge, sind durchzogen von Blutgefäßen, in denen das Blut strömt.

Durch die Gefäßwandungen, durch das dünne Gewebe der Lunge hindurch bahnen sich die gasförmigen Moleküle nach den uns bekannten Gesetzen der Gastheorie ihren Weg. Es gehen die Moleküle des Sauerstoffs und Stickstoffs aus der Luft in das Blut hinein, die der Kohlensäure dagegen in umgekehrter Richtung heraus. Beide folgen den Gesetzen der Konzentration, und bald würde sich auf beiden Seiten ein Gleichgewicht hergestellt haben, wenn nicht gewisse Umstände eine Änderung bedingten. Den Stickstoff betreffen dieselben nicht, und hier stellt sich das Gleichgewicht in der Tat her. Wenn das Blut so viel Stickstoff aufgenommen hat, wie es absorbieren kann unter atmosphärischem Druck, so gehen ebensoviel Moleküle Stickstoff aus dem Blut zur Lungenluft, wie den umgekehrten Weg. Die Atemzüge ändern hieran nichts, denn durch sie wird die Lungenluft ersetzt durch atmosphärische Luft von dem gleichen Stickstoffgehalt. Das Strömen des Blutes ändert hieran nichts, denn wenn das Blut durch den Körper hindurchströmt, kommt es überall mit Geweben in Berührung, die sich mit ihm in bezug auf den Stickstoff ins Gleichgewicht gesetzt haben. Eine Änderung findet nur statt, wenn eine Atmosphäre geatmet wird, die komprimiert ist, ein Fall, von dem ich aber hier nicht spreche.

Anders ist es nun mit Sauerstoff und Kohlensäure. Für den Sauerstoff kommt zunächst in Betracht die eigentümliche Verwandtschaft des Hämoglobins zu dem Sauerstoff, welche bewirkt, daß das Blut viel größere Mengen von Sauerstoff aufnehmen kann, als seiner Absorptionsfähigkeit entspricht, viel größere als von Stickstoff. Diese Bindung des Sauerstoffs durch das Hämoglobin ist aber keine feste. Wenn das mit Sauerstoff beladene Hämoglobin, das Oxyhämoglobin, durch die sauerstoffarmen oder -leeren Gewebe des Körpers strömt, so gibt es seinen Sauerstoff wieder her. Diese Gewebe aber sind sauerstoff-

leer, weil in ihnen der Sauerstoff verwendet wird zur Oxydation von Kohlenstoff und Wasserstoff. Kohlensäure wird so fortwährend in ihnen gebildet, mit ihr belädt sich das Blut, indem es zur Lunge zurückkehrt, und dort findet die eben erwähnte Wanderung der Kohlensäuremoleküle aus dem Blut in die Lungenluft statt. Entzug von Sauerstoff, Bereicherung an Kohlensäure verändert dieselbe bald so sehr, daß sich der Austausch von Gasen zwischen ihr und dem Blute nicht mehr rasch genug vollziehen kann.

Eine Expiration, der alsbald eine neue Inspiration folgt, macht dem alten Zustand ein Ende und stellt den Anfangszustand wieder her. Expiration wie Inspiration beruhen auf Muskelbewegungen und diese sind abhängig von einer kleinen Stelle in der medulla oblongata. An dieser kleinen Stelle wird der Vorgang, welcher einen so großen Teil des Organismus in Tätigkeit versetzt, ausgelöst. An dieser kleinen Stelle vollzieht sich zwischen Blut und Nerven ein eigentümlicher Vorgang, von dem wir gleich sprechen werden.

Zunächst aber beschäftigt uns noch eine andere Erklärung. Sie betrifft die unmittelbare Notwendigkeit der Erhaltung der Atembewegungen für die Erhaltung des Lebens. Von dem gasförmigen Sauerstoff kann seines großen Volumens halber keine nennenswerte Quantität im Organismus aufgespeichert werden. Immer muß daher der Weg zu der Quelle in der umgebenden Atmosphäre offen stehen, fortwährend wird er benützt.

Wenden wir uns nun dem Vorgang in dem Atemzentrum zu, der zur Innervation der Atembewegungen führt. Aus den Blutgefäßen in der formatio reticularis der medulla oblongata dringen die Sauerstoffmoleküle hervor, diffundieren durch die Gewebe und erreichen die Ganglienzellen des Atemzentrums. Ist der Strom ein reichlicher, so beruhigt er diese Zellen. Ist der Strom aber schwach, und das wird er sein, wenn die Spannung des Sauerstoffs im Blute eine geringe ist, dann werden die Ganglienzellen erregt, sie senden diese Erregung durch das mit ihnen in Verbindung stehende Respirationsbündel in das Rückenmark, zu den Kernen der vorderen Wurzeln der Atemnerven.

Die Erregung dieser und die Auslösung einer Inspiration ist die Folge. Zu einer solchen Erregung kommt es jedesmal, wenn

die Menge der Sauerstoffmoleküle in der Lunge eine geringe geworden ist und das Blut bei seinem Durchströmen nicht mehr genug davon bekommt, um eine hohe Sauerstoffspannung zu erlangen. Ungefähr umgekehrt wie mit dem Sauerstoff ist es mit der Kohlensäure. Beschränken wir uns darauf, den ersteren zu betrachten. Der Vorgang ist im Grunde typisch für das, was sich zwischen dem Blute und den Zellen der Gewebe im ganzen Körper abspielt. Nur ist der Aufbau des Organismus in der Weise erfolgt, daß an dieser einen Stelle gerade diejenigen Zellen sich befinden, welche am allerempfindlichsten gegen den Sauerstoffmangel und den Kohlensäureüberschuß sind. Diese Zellen aber sind mit den Verbindungen ausgerüstet, welche ihnen gestatten, ihre Erregung auf diejenigen Muskeln zu übertragen, deren Tätigkeit dieser Erregung abhelfen kann. Das ist Sache der Zentralisation.

Im Grunde ist der Vorgang ein doppelter. Zunächst handelt es sich um die Abgabe des Sauerstoffs aus dem Blute. Schon in dem Kapitel über das Blut wies ich darauf hin, daß in dem Hämoglobin gebunden sei das Eisen, das Sauerstoff aufnehmen oder abgeben kann, bald zwei-, bald dreiwertig auftretend. Es wird aber das eine oder das andere tun, je nachdem es teilnimmt an einem Lebensprozeß, der oxydiert oder der reduziert. Das Hämoglobin bindet den Sauerstoff nur locker, weil es, auf der Übergangsstufe dieser beiden Prozesse stehend, nicht dazu kommt, denselben in eine feste Bindung überzuführen, bevor es ihn wieder hergeben muß.

Ich habe gesprochen von der Unrast des Lebens, die uns deutlich zu werden beginnt, sobald wir uns mit diesem Wettstreit beschäftigen. Weit weg sind wir in unseren Betrachtungen gelangt von der ursprünglichen einfachen Auffaffung, daß die lebenden Wesen den Flammen gleichen, welche die Nahrung oxydieren, und daß daraus ihre Kräfte sich ableiten. Und doch können wir die Vorgänge bei der Atmung nicht ins Auge fassen, ohne von der mächtigen Rolle, welche der Sauerstoff im Leben spielt, einen überwältigenden Begriff zu bekommen.

Osmotische Kräfte sind es, welche nach unserer Auffaffung die Lebensvorgänge hervorrufen, welche Rolle spielt ihnen gegenüber der Sauerstoffverbrauch, das Sauerstoffbedürfnis? Gibt darüber die Lehre von der Atmung einen Aufschluß? Ich glaube, ja. Immer wie-

der habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie die Osmose abhängig sei, von dem Aufbau der Membranen, durch die sie stattfindet, und weiter von dem Konzentrationsverhältnis der Stoffe auf beiden Seiten der Membran. Als Ursache dafür, daß dieses Konzentrationsverhältnis sich nicht ausgleicht, daß immer ein Strom durch die Membran hindurchgeht, haben wir die kosmischen Kräfte angesehen. Diese würden aber die Stoffe nicht angreifen, wenn nicht etwas da wäre, was die Zersetzung auslöste. Die Zersetzung würde eine gleichförmige sein im ganzen Organismus, wenn nicht die Auslösung in den verschiedenen Teilen eine verschiedene wäre.

Diese Auslösung wird bewirkt durch die Symbioten, welche die Grundsubstanz um die Hüllen der Zellen aufbauen, welche aus dem Keim heraus allmählich ihre Lebensformen entwickeln. Wie sie dazu den Sauerstoff brauchen, haben wir in den letzten Kapiteln begonnen zu sehen. Die ganze Unrast des Lebens beruht auf diesem Verhältnis der Symbioten. Das Zooid Ca sucht dem Zooid S auf eine eigentümliche Weise die Stoffe zu entziehen, und umgekehrt. Wenn dies gelingt, geht das betreffende Zooid selbst wieder in ein Lebensstadium über, indem es der Entziehung der Stoffe durch das andere Zooid zum Opfer fällt. Zwischen beiden steht das Hyphoid, mit seiner arteriellen Seite zwischen Zooid Ca und Zooid S, mit seiner venösen zwischen Zooid S und Zooid Ca. Der Sauerstoff, den es aufnimmt und wieder losläßt, der es aus dem einen in den anderen Zustand überführt, entfacht den Widerstreit immer aufs neue. So sehen wir in der Lehre von der Atmung, wie das Blut an die Ganglienzellen des Atemzentrums pocht und von hier aus eine Bewegung der Atemmuskeln anregt. Es ist das sauerstoffarme Blut, das Blut, welches zwischen Zooid S und Zooid Ca steht. Die Bewegung erfolgt, das Blut erhält seinen Sauerstoff, aber es muß wieder zum Herzen, zum Zooid S, um aufs neue zum Atemzentrum zu gehen und dasselbe zu beruhigen. So vollendet sich der Kreislauf, den wir zwischen den drei Grundsubstanzen und den drei Bahnen in der embryologischen Analyse kennen gelernt haben, wenn die Symbioten sich entwickeln und ihre Lebenseigenschaften entfalten.

Was aber tun die Nerven hierbei? Schon in der embryonalen Analyse, in dem Kapitel über die Primitivrinne habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie das Blut einwirkt zwischen den sensiblen

und motorischen Bahnen auf das, was von den einen an die andern übergeht. Hier fehlt der eine Teil, die zentripetal einlaufende Erregung. Das Blut wirkt daher nicht auf sie und ordnet sie um, es kommt nur der Teil seiner Wirkung zur Geltung, der sich auf die auslaufende Erregung bezieht, und so leitet sich die Abhängigkeit der Atembewegungen von dem Gasgehalt des Blutes her.

---

9. Innere Sekretion.

Wenn das nun aber so einfach ist, wie die Lehre von der Atmung es darstellt, wenn es sich bloß darum handelt, daß die Zooide einander die Stoffe entziehen, und daß das Hyphoid immer wieder den Ausgleich bewirkt, was sollen dann all die vielen Drüsen, die in den Organismus eingeschaltet sind? Die Rolle derjenigen, welche etwas sezernieren, kann man allenfalls noch begreifen, sie bereiten die Stoffe vor für jenen inneren Wechsel, aber was sollen diejenigen Drüsen, welche die Stoffe, die sie bilden, in den Stoffwechsel hineinwerfen müssen, der sich im Innern abspielt, wie wir eben sagten. Es sind die Drüsen, welche die sogenannte innere Sekretion besorgen, Drüsen ohne Ausführungsgang, die keine andere Kommunikation mit anderen Organen haben, als durch das Blut oder die Nerven.

Lange Zeit hat man in der Tat nicht gewußt, was diese Drüsen eigentlich tun. Allmählich hat man von einigen gelernt, daß sie bestimmte Stoffe bilden, und daß diese Stoffe im Organismus eine Rolle spielen. Die Frage erhebt sich, wie ist das möglich? und weiter, was hat es für einen Zweck? Sehen wir uns einige Beispiele der inneren Sekretion an. Da ist zunächst die Nebenniere, welche das Adrenalin bildet. Die Nebenniere enthält Zellen von epithelialem Charakter. Nun haben wir früher gesehen, daß wir in den Epithelzellen dreierlei Grundsubstanz haben und ebenso verschiedene organische Substanzen. Ich will das nicht alles wiederholen. Wir haben dann weiter gesehen, wie diese Gebilde Fette, Kohlenhydrate und Eiweiße bilden können, und zwar als ihre Hülle und als Begrenzung der Bahnen. Findet in den Bahnen ein Strom statt, so werden diese Stoffe auch von dem Strom fortgeführt werden. Nun gehört zu den Gruppen, die im Eiweiß enthalten sind,

auch das Tyrosin, die Paraoxyphenylamidopropionsäure, diese wird also auch von den Epithelzellen gebildet.

Nun ist das Adrenalin $C_9H_{13}NO_3$ wahrscheinlich ein Derivat des Brenzkatechins. Es enthält also eine Orthostellung der Seitenketten zu dem aromatischen Kern, und es müssen sich demnach die Bedingungen verschoben haben, welche zur Bildung dieser Atomgruppen führten. Bei der Leber aber haben wir schon gesehen, unter welchen Bedingungen sich die Lage der Atomgruppen ändert, in den Stoffen, welche eine Drüse bildet.. Je nach der Beziehung zu den Blutgefäßen entstand dort Glykogen aus Traubenzucker oder Traubenzucker aus Glykogen.

Die Nebenniere enthält, wie uns das Mikroskop angibt, Rinden- und Marksubstanz. In der Rindensubstanz allein unterscheidet man wieder drei Zonen, die Zona glomerulosa, fascicularis und reticularis. In jeder ist die Lage der Zellen zu den Blutgefäßen eine andere. Kein Wunder, daß die Bildung einer komplizierten Substanz eintritt. Zuerst wurde das Material zu derselben aus den Blutgefäßen gewonnen, fertig aber geht sie durch Osmose wieder in diese über. Diese Substanz hat, in den Kreislauf gelangt, verschiedene Wirkungen, sie erhöht den Blutdruck, sie verengt die Gefäße, sie beeinflußt die Zuckerausscheidung. Das erste mag sich aus dem zweiten ableiten, vielleicht auch das dritte. Jedenfalls muß in dem Kampf der beiden Zooiden gegeneinander, der die Unrast des Lebens bedingt, es von der höchsten Wichtigkeit sein, welche Zufuhr das eine oder andere Zooid durch das Hyphoid erhält, das aber hängt ab von der Weite der Gefäße. Es ist daher nicht wunderbar, daß sich ein Organ ausbildet, indem das eine Zooid derart die Oberhand gewinnt, daß es die Zufuhr in seinem Sinne beeinflußt.

Und wie wirkt dann der so gebildete Stoff auf das Hyphoid? Ja wir müssen uns erinnern, daß das Hyphoid sich aufbaute aus den Stoffen, die beide Zooide ausschieden bei dem Vorgang der Teilung. Es herrscht in ihm eine Art Gleichgewicht zwischen diesen Stoffen, und dieses Gleichgewicht beruht auf deren chemischer Konstitution. Wenn ein Stoff geliefert wird, der z. B. die Seitenketten in der Ortho- statt der Parastellung enthält, der wohl auch mit anderen Seitenketten versehen ist, als dem ursprünglichen Aufbau entsprechen, dann wird dieses Gleichgewicht gestört.

Die Notwendigkeit, durch solche innere Änderungen den fort-

während von der Außenwelt her drohenden Störungen zu begegnen, leuchtet noch mehr ein, wenn wir ein anderes Beispiel der inneren Sekretion, die Schilddrüse betrachten. Bekanntlich entdeckte man zuerst, daß die Schilddrüse auch einen solchen Stoff bilden mußte, als man bemerkte, daß Organismen, denen man die ganze Schilddrüse weggenommen hatte, an eigentümlichen Erscheinungen des Nervensystems erkrankten und teilweise zugrunde gingen. Es waren zuerst Menschen, denen man die Kröpfe exstirpiert hatte, dann Tiere, die man der Untersuchung halber operiert hatte, welche dieses Bild darboten.[1]) Dabei fand man, daß es ein jodhaltiger Körper sei, welcher von der Schilddrüse bereitet würde, den man zuerst Thyreojodin, dann Jodothyrin nannte.[2]) Durch medikamentöse Darreichung dieses Körpers kann man die anderen Krankheitserscheinungen, namentlich die des Nervensystems, wieder heilen, so machte man den Schluß, daß im gesunden Körper die Schilddrüse diesen Stoff produziert und an andere Organe, namentlich an das Zentralnervensystem abgibt. Bemerkenswert ist dabei das Verhältnis des Kretinismus zu den Erkrankungen der Schilddrüse und die Erfolge, welche z. B. Osler[3]) erzielt hat durch Darreichung solcher Jodothyrinpräparate bei kretinenartig zurückgebliebenen Kindern in bezug auf Wachstum des Gehirns und Entwickelung der geistigen Fähigkeiten, erscheinen geradezu wunderbar.

Die organische jodhaltige Substanz bildet die Schilddrüse wohl aus dem Jod, das in der Nahrung enthalten ist. Der Erfolg, welchen man, solange die Schilddrüse teilweise oder ganz gesund ist, mit der Darreichung von Jodkali erzielen kann, zeigt, daß die Schilddrüse die Fähigkeit besitzen muß, das Jod aus der anorganischen Bindung in die organische überzuführen. Welches diese organische Bindung ist, wissen wir nicht. Zuerst glaubte man an der Hand von Baumanns[4]) Untersuchungen, daß es im Eiweiß enthalten sei, und Oswald[5]) isolierte aus der Schilddrüse ein jod-

---

[1]) E. v. Cyon, Les glandes regulatrices de la circul. et de la nutrit. Rev. gen. des sciences 12, 1901.

[2]) Roos, E., Über Schilddrüsentherapie u. Jodothyrin. Freiburg 1896.

[3]) Osler, W., Internal Secretions etc. Transact. of the Congr. of Am. Phys. u. Surg. 1897.

[4]) Baumann, Über d. normalen Vork. v. Jod im Tierkörper. Zeitschr. f. phys. Chemie 21.

[5]) Oswald, A., Die Schilddrüse u. ihr wirks. Prinzip. Biochem. Zentrbl. I, 1903.

haltiges Thyreoglobulin. Wie dem aber auch sei, so kann es keinem Zweifel unterliegen, daß das Jod dabei den Wasserstoff vertritt. Die einzige jodhaltige, organische Substanz, die im lebenden Wesen angetroffen, seither ihrer Konstitution nach erkannt wurde, ist die von Drechsel[1]) aus dem Gorgonin isolierte Aminojodbuttersäure $C_4H_8NJO_2$ gewöhnlich Jodgorgosäure genannt. In ähnlicher Bindung wird auch das Jod im Jodothyrin resp. Thyreoglobulin enthalten sein. Nun ist nach den neueren Untersuchungen das Kolloid, d. h. das Sekret, welches in den geschlossenen Follikeln oder Acini der Schilddrüse drinsteckt, jodhaltig. Man muß demnach annehmen, daß die Zellen der Schilddrüse zuerst aus dem Blute das Jod, welches hier in Gestalt eines Salzes vorhanden sein mag, aufnehmen, daß sie es in die organische Bindung überführen und ausscheiden. Ausgeschieden wird es, da es sonst ja nicht abfließen kann, von dem Blute wieder resorbiert, zu anderen Organen, namentlich zum Zentralnervensystem hingebracht. Da wird es dann übergeführt in einen Teil der Substanz, die den Aufbau besorgt. Es ist wichtig hier für den Kampf der Zooide und des Hyphoids, weil es gewisse Umsetzungen leichter besorgt, als diejenigen Verbindungen, die nur den Wasserstoff enthalten. Gerade für die Veränderungen, die im höchsten Teil des Zentralnervensystems verlaufen, und die nur des Minimums von Anstoß bedürfen, scheint die Leichtigkeit, mit der das organisch gebundene Jod seinen Platz wechselt, unentbehrlich zu sein.

---

10. Reizbarkeit und Nervenleitung.

So hat uns denn die fortschreitende Analyse bis zu dem Punkte gebracht, wo wir die Anstöße der Außenwelt zu berücksichtigen haben. Inwiefern ist der Organismus reizbar? Wie kann jener Kampf der Zooide und des Hyphoids, auf dem das Leben beruht, von außen her beeinflußt werden? Es bedarf eben für diesen Kampf noch etwas mehr als das, wovon ich seither allein gesprochen habe, nämlich dem Einfluß des Hyphoids. Ich habe absichtlich die

[1]) Drechsel, E., Beiträge z. Chem. einiger Seetiere. Zeitschr. f. Biologie 33, 1891.

Nerven seither unberücksichtigt gelassen. Wir haben von den organischen Substanzen gesprochen, die das Hyphoid führt, von der Art, wie die Zooide um dieselben streiten, von der Entscheidung, die der Sauerstoff in diesem Streit herbeiführt, indem er mit der Oxydation das Objekt des Streites aus dem einen Lager in das andere überführt.

Wir haben aber nicht gesprochen von den Grundsubstanzen, auf welche diese organischen Stoffe sich ausbreiten, und deren Beeinflussung ist Sache der Nerven. Ja werden denn die Grundsubstanzen durch die Nerven transportiert, wird man fragen. Für gewöhnlich nicht. Aber wir haben bereits in der embryologischen Analyse gelernt, wie beeinflußbar die Grundsubstanzen durch den Phosphor und den Schwefel sind. Der Phosphor stört als Phosphorsäure das Gleichgewicht des Tricalciumphosphats, das die Grundlage der Kerne bildet, der Schwefel in einer uns noch nicht näher bekannten, jedenfalls aber reduzierten Verbindung, die Kieselsäure die Grundlage des Protoplasmas. Diese beiden Elemente stecken nun in den beiden Typen des Nervensystems, dem Sympathikus und den Cerebrospinalnerven. Wir sahen im Anfang der embryologischen Analyse, wie diese Elemente immer neue Zellteilungen verursachten, indem sie von einer Zelle zu anderen gehend, die Grundsubstanz veränderten. Wir sahen, wie nach jeder Teilung sich die Zelle wieder schloß durch die Bildung der Scheidewände, und wie in den so entstehenden Bahnen die das Gleichgewicht störenden Substanzen weiter wanderten. Nicht beide Substanzen in den gleichen Bahnen, denn die eine der Scheidewände wurde in ihrer Bildung eingeleitet von dem Kern, die andere von dem Protoplasma. Wie sie senkrecht zueinander entstanden, so auch bildeten sich senkrecht zueinander die beiden Typen der Nerven aus.

Das sahen wir in der embryologischen Analyse. Jetzt haben wir erkannt, wie die Zellen, die bei der Teilung entstehen, ihre Verschiedenheit dem Verhältnis der Zooide verdanken. Das Hyphoid macht sich in den Bahnen zwischen ihnen breit. Eine Richtung ist eingenommen von dem Blut, dem eigentlich typischen Hyphoid. In dem Streit zwischen den Zooiden um die Substanzen, die es führt, entscheidet es durch den Sauerstoff, den es bald an die eine, bald an die andere abgibt. Daneben aber wachsen in den

beiden anderen Bahnen die Nerven. Sie beeinflussen die Zooide selbst durch die Wirkung auf deren Grundsubstanz. Sie modifizieren deren Kampf, entsprechend den Berichten, die sie von den Oberflächen zutragen.

Dabei kommt es nun zu einer neuen Komplikation. Nicht direkt von der Oberfläche ziehen die Nerven zu den Zooiden hin, die sie beeinflussen. Jeder Nerv hat eine zentripetale und eine zentrifugale Bahn. Aller Bericht erfolgt zunächst an das Zentrum, und in dem Zentrum verbinden sich die beiden Typen von Nerven wieder miteinander. Das ist die Erscheinung der Zentralisation.

Was hat sie für eine Beziehung zum Kampf der Zooide? Es tritt uns da die rätselhafte Erscheinung wieder entgegen, von der ich schon in der ersten Abteilung sprach, der Organismus ist gleichzeitig ein Einfaches und ein Vielfaches. Die Lebenserscheinung, die sich in der einzelnen Zelle abspielt, muß sich auch im ganzen Organismus abspielen. Der Kampf der Zooide muß also im großen und im kleinen gleichzeitig vorhanden sein, zahllos muß er in all den einzelnen Zellen und einfach in der Gesamtheit des Individuums vorhanden sein. Wie ich in der histologischen Analyse sagte, muß irgend ein äußerer Reiz gleichzeitig das Individuum als Ganzes und seine lokalen Zellen einzeln in Erregung versetzen. Wie ist das möglich, fragen wir jetzt nach all den Vorstellungen, die wir gewonnen? Ja nur wenn zweierlei Bedingungen erfüllt sind.

Erstens wenn all die Einzelzooiden nur Substitutionen eines Gesamtzooids sind und zweitens, wenn dieses Gesamtzooid auch zwei Lebenszustände hat. Nennen wir einmal in dem einen Zustand das Gesamtzooid C, in dem anderen Zooid M, so wird, wenn in den Zellen das Zooid S die Oberhand hat, das Gesamtwesen das Zooid C sein, wenn Zooid Ca die Oberhand hat, ist das Gesamtwesen das Zooid M. Zwischen Zooid C und Zooid S existieren gewisse Beziehungen, ebenso zwischen Zooid M und Zooid Ca, aber es darf nicht vergessen werden, daß jedes der Gesamtwesen beide Arten von Unterwesen enthält. Der Kampf schwankt zwischen den Unterwesen, der Sauerstoff des Hyphoids entscheidet, das Gesamtwesen ändert sich. Jetzt klopft die Außenwelt an eine der Oberflächen, es ist nötig, ihr zu begegnen, die Nerven berichten. Der Einfluß auf den Kampf der Zooide liegt nahe, aber es ist klar, daß zweierlei geschehen muß, es müssen sowohl die Einzelzooide Ca und Si wie die Ge-

samtzooide M und C geändert werden. Auf beide muß der Nerv seinen Einfluß gleichzeitig geltend machen. Zu dem Gesamtzooid aber gehören nicht bloß die Zooide S und Ca, sondern auch das Hyphoid. Auch es muß beherrscht werden.

Und so verstehen wir, warum die Nerven eigentlich in Hyphoidbahnen, d. h. im Bindegewebe eingebettet wandern. Sie müssen zu dem Bluthyphoid, zum Zentrum des Organismus, das da liegt, wo sich die ursprünglichen Teilungsebenen schneiden, hingeleitet werden. Jeder Nerv hat seine zwei Äste, den einen, der hinführt zum Zentralnervensystem zur Beeinflussung des Gesamtzooids, den anderen, der wieder hinausführt zu den Einzelzooiden. Über das Verhältnis der beiden Äste zueinander habe ich schon früher gesprochen.

Wie aber geschieht nun die Weiterleitung? Seit wir durch Helmholtz[1]) die Fortpflanzungsgeschwindigkeit im Nerven kennen, wissen wir, daß es sich nicht um Schwingungen des Äthers in demselben handeln kann. Nicht wie die Elektrizität läuft die Erregung im Nerven fort, und doch pflanzt sich, wie Bernstein[2]) gezeigt hat, ebenso schnell wie die Erregung eine elektrische Potentialdifferenz in dem Nerven fort. Elektrische Ströme erregen den Nerven, elektrische Ströme erzeugt er, wenn er tätig oder verletzt ist, elektrische Ströme versetzen ihn in einen veränderten Erregbarkeitszustand, den Elektrotonus. Beides kann man sich nur vereinigt denken, wenn das Entstehen der elektrischen Ströme gebunden ist an eine Wanderung materieller Teilchen, und wenn anderseits diese Wanderung wieder durch elektrische Ströme angefacht wird. Das aber ist der Fall bei der Osmose, und dem entspricht auch die Gliederung der Nerven, seine Zusammensetzung aus Zellen, die durch Schnürringe voneinander abgetrennt sind, seine Abgrenzung durch die der Osmose unzugängliche Markscheide gegenüber den anderen Geweben.

Die Bildung der Nerven beruht darauf, daß von der äußeren wie der inneren Körperoberfläche Epithelien oder von ihnen gebildete Substanzen in die Bahnen einwandern, die ihrem Bau zugrunde liegen.

[1]) Helmholtz, Monatsber. d. Berl. Ak. 1850.

[2]) Bernstein, Untersuchungen u. d. Erregungsvorgang im Nerven- u. Muskelsysteme. Heidelberg 1871.

An der äußeren wie an der inneren Körperoberfläche findet fortwährend eine Bildung solcher Substanzen statt. Jedes Wirken der äußeren Kräfte bewirkt eine Störung in der Bildung dieser Substanzen, und damit in dem Lebensprozeß der Zooidenteile, die sich in den Epithelien finden. Jedes Wirken der äußeren Kräfte auf die Oberflächen wird durch die Nerven nach innen gemeldet.

Bildung und Arbeit sind bei den Nerven unzertrennlich, wie uns die Tatsache der Degeneration bei Unterbrechung der Leitung beweist. Diese Beziehung kann darauf beruhen, daß bei der Arbeit wirklich Moleküle von jenen an der Oberfläche stattfindenden Prozessen in den Nerven einwandern. Sie kann auch darauf beruhen, daß sich elektrische und osmotische Prozesse durch den Nerven fortpflanzen, und die Substanzen, aus denen derselbe besteht, durch Elektrolyse und teilweise Osmose zerstören. Dann wird sich in der Ruhe der Nerv von der Oberfläche aus wieder herstellen. Jedenfalls aber wird im Innern das Gleichgewicht der zur Oberfläche zugehörigen Zooide gestört, es vollzieht sich eine Verbindung zwischen innen und außen, zwischen dem Ganzen und dem Teil, und es spielt sich damit ein Akt des Lebens der betroffenen Zooide ab.

VI. Abschnitt.

Biologische Analyse.

I. Einpassung in die Welt.

Wenn wir uns auf Grund des Vorausgegangenen die lebenden Wesen beruhend denken auf einer Symbiose der Zooide und des Hyphoids, so erheben sich vor uns mehrere Fragen. Zuerst fragen wir, wie kann sich dieser Kampf der Zooide gegenüber all den Kräften, die in der Welt auf ihn wirken, behaupten? Selbst im inneren Streite, muß nicht das lebende Wesen dem äußeren Drucke erliegen?

Wenn wir uns damit vertraut gemacht haben, erhebt sich die weitere Frage, wie ergeben sich aus der Symbiose die Eigentümlichkeiten der lebenden Wesen, die wir kennen, die Mannigfaltigkeit der Gesichte, die uns das Reich derselben darbietet? Und endlich fragen wir, erkennen wir in diesem Kampf der Zooide und der Symbiose mit dem Hyphoid wenigstens irgend etwas, was uns das, was wir von dem Höchstentwickelten dieser lebenden Wesen wissen, verständlich macht?

Man hat, um mit der ersten Frage zu beginnen, die Zweckmäßigkeit, die Teleologie als ein charakteristisches Kennzeichen des Reiches des Lebens angesehen. Im Grunde ist das nichts als eine Tautologie. Denn der Zweck jedes lebenden Wesens ist die Erhaltung des Lebens. Die Erhaltung des Lebens in erster Linie also die des Individuums, des eigenen Lebens, in zweiter Linie des

Lebens der Art. Wenn sie das nicht tun, so müssen sie sterben, als Art aussterben. Wir treffen aber in der Welt lebende Wesen. Wir untersuchen sie, und daß wir in ihnen die Gesetze der Erhaltung und nicht der Zerstörung des Lebens ausgesprochen finden, ist eigentlich selbstverständlich.

Im Grunde dürfen wir uns doch nicht mehr darüber verwundern, daß diese Wesen leben, als daß unsere Häuser nicht eingestürzt sind. Die genauere Betrachtung führt uns schon auf die Spuren der ausgestorbenen Arten wie der eingestürzten Häuser, aber für das, was die Welt augenblicklich erfüllt, können sie doch nur die Reste der Vergangenheit sein. Wenn aber nun die lebenden Wesen ihr Dasein so gestalten, daß sie den äußeren Kräften Widerstand leisten, wie können sie das eigentlich? Den Menschen kostet es eine beträchtliche Arbeit, das Studium vieler Generationen, um über die Art, wie diesen Kräften zu begegnen ist, etwas zu erfahren. In dem kleinsten Stückchen des lebenden Organismus aber steckt mehr davon darin, was zu wissen ist, als der kenntnisreichste Mensch zu finden imstande wäre.

Es ist eine gewöhnliche Art, ein gewöhnlicher Fehler, der aus der Übertragung entspringt, daß der Mensch die Erfahrung, die er von dem hat, was er selber macht, der Vorstellung zugrunde legt, wie etwas in der Natur entstehe. Wenn aber eine Maschine gebaut wird, so ist der Mensch das Mittelglied zwischen den Naturkräften und den Kräften, welche die Maschine ausübt. Die mühsame Entwickelung dieses Mittelgliedes und seiner Intelligenz, die Umwege, auf denen er etwas über die Naturkräfte durch die Wirkung auf ihn selbst erfährt, die allmähliche Umbildung, die er von diesen Wirkungen auf ihn, auf die morphologischen Gebilde überhaupt vollzieht, das alles muß sich widerspiegeln in seinem Plane der Maschine. Ebenso muß es aber auch sein eigenes Wesen, das Wesen dieses Mittelgliedes. Er fühlt sich, er stellt sich vor als der Urheber, als der *Schöpfer* dieser Maschine. Und er überträgt diese Vorstellung auf das, was er in der Natur um sich her entstehen sieht.

Den lebenden Wesen aber fehlt dieses Mittelglied. Es fehlt ihnen der ganze Umweg, den die Naturkräfte durch den Menschen hindurch nehmen, es fehlen die Unvollkommenheiten, die sich aus der Natur des Menschen ergeben, die Zentralisierung, die sein Wesen mit sich bringt. Die lebenden Wesen werden eben von den

Naturkräften direkt gebildet. Schon in den einleitenden Betrachtungen über den periodischen Ablauf des Lebens haben wir gesehen, wie diese Naturkräfte in die Umsetzungen, die dem Leben zugrunde liegen, eingreifen.

Die physiologisch-chemische Analyse hat uns dann belehrt, wie dieses Eingreifen die Ursache ist, wodurch die Stoffe in den Zellen schwinden, und damit auch die Ursache, weshalb sie sich immer wieder ersetzen. In dem weiteren Verlauf der Analyse aber wurde uns dann klar, daß es einen bestimmten Anlaß, eine Auslösung geben müßte, durch die diese Zersetzung eingeleitet würde, weil wir uns sonst die Mannigfaltigkeit der Zersetzungen, die stattfinden, nicht erklären könnten.

Wir entdeckten dann die Ursachen dieser Auslösung in der Wirkung, welche örtlich zueinander in Beziehung stehende Zellen und Gewebe aufeinander ausübten. Die Verfolgung dieser örtlichen Beziehungen in der embryonalen Entwickelung lehrte uns die Bahnen kennen, die, ausgehend von den beiden Körperoberflächen, die Ursachen dieser Auslösungen zur Wirkung im Organismus brachten. Es war etwas Neues, was wir damit entdeckten. Denn was an die Körperoberfläche anpocht, das sind die Kräfte der Umgebung. Unter deren Einfluß fand, so lernten wir damit, die Auslösung statt, die zur Zersetzung der Bestandteile des Organismus in den Zellen führte. Die Bahnen dienten dazu, die Zersetzungen im Organismus auszubreiten. Nach den früheren Betrachtungen aber fanden diese Zersetzungen unter dem Einfluß der periodisch wirkenden kosmischen, nach den späteren unter dem Einfluß der augenblicklich wirkenden Kräfte der Umgebung statt.

Die physiologische Analyse hat uns dann belehrt, daß jene Auslösung auf einer Gleichgewichtsstörung beruht, die im Organismus zwischen den zwei Zooiden stattfindet, die sich in ihm finden. Da sehen wir denn mit einem Male, daß die Beziehung zwischen den Kräften der Umgebung und den periodischen kosmischen Kräften durch die Form gegeben sei, welche der Organismus annimmt. Er beruht eben auf jenem Kampf der Zooide miteinander. Jedes Zooid macht ein Leben durch, jedes Leben hat seine Perioden, beruht auf einem Zyklus von Zersetzungen, der unter dem Einfluß der kosmischen Kräfte stattfindet. Der Wechsel zwischen den zwei Leben aber, dem Leben der beiden Zooide, beruht

auf der Wirkung der Kräfte der Umgebung. Indem sie eingreifen, verhelfen sie dem einen oder dem anderen Leben zur Entwickelung, und ihr fortwährendes Spiel bedingt, daß in unzähligen Einzelmanifestationen sich die Zersetzungen vollziehen können, welche der betreffenden Periode zugrunde liegen. Eben weil der Organismus so gebaut ist, daß in ihm zwei Zooide eine besondere Art des Gleichgewichts haben, ist er imstande, auf jede Erregung, mit der die Außenwelt auf ihn wirkt, mit einer Kraftentwickelung zu antworten, die das Gesamtleben erhält, indem sie eine bestimmte innere Umwandlung herbeiführt.

Wie aber ist der Organismus gebaut, worauf beruht jenes Gleichgewicht der beiden Zooide? Schon habe ich angedeutet, daß dieselben nicht gleichberechtigt sein können. Immer gibt es nur eine Einheit im Organismus, aber ist es immer dieselbe? Streiten sich nicht die beiden Zooide um die Oberherrschaft? Und ist es nicht das Hyphoid, nach den Betrachtungen des vorausgegangenen Abschnittes, welches dabei den Ausschlag gibt? Ist es nicht ferner das Hyphoid, welches nach den früheren Betrachtungen, immer aufs neue das Material liefert, welches der Wiederherstellung des status quo ante zugrunde liegt?

Das heißt, gibt es eine völlige Herstellung des status quo ante? Es gibt wohl eine Erholung nach getaner Arbeit, aber altert nicht das Wesen während des Lebens? Geht es nicht zugrunde, nachdem es eine Reihe von Malen jene Gleichgewichtsstörungen zwischen den beiden Zooiden und jene Restitution durch das Hyphoid durchgemacht hat? Man beginnt jetzt einzusehen, wie die Möglichkeit, sich zu behaupten in der Welt, auf dem Verhältnis der Symbioten zueinander beruht. Die Einpassung in die Welt ist nicht bloß abhängig von dem Einfluß, den die kosmischen Kräfte in ihren Perioden auf das Lebewesen ausüben, sie ist auch abhängig von der lokalen Entwickelung in dem Keim, der das Verhältnis der Zooide und des Hyphoids zueinander bewirkt. Diese verursacht den fortwährenden Kampf unter dem Einfluß der Kräfte der Umgebung, jener den Ablauf der Lebensstadien der Symbioten selbst.

---

2. Schlafen und Wachen, Fressen und Fasten.

Ein Doppelzustand ist dem Leben eigentümlich, dessen Grenzen in dem Schlafen und Wachen des gesunden Menschen einerseits, in Leben und Tod anderseits gesucht werden müssen. Freilich, der Tod geht schon über diese Grenze eigentlich hinaus, aber jene Einstellung aller Lebensvorgänge, aller Lebensumsetzungen, die Bachmetiew[1]) durch Abkühlung unter eine bestimmte Temperatur innerhalb einer gewissen Temperaturbreite herbeiführte, bildet diese Grenzen. Nur die Möglichkeit des Wiedererwachens zum Leben unterscheidet diesen Zustand von dem wirklichen Tode. Es ist ein Scheintod, wie der des eingetrockneten Bärentierchens der Dachtraufen, von dem Claude Bernard[2]) sprach. Dehnt man so das Reich dieses Doppelzustandes aus, so muß man unwillkürlich an das Pflanzenreich denken mit dem Erlöschen des vegetativen Lebens im Winter, mit dem Aufbewahren der Samenkörner in unveränderter Keimfähigkeit durch viele Jahre.

Das bringt zuerst auf den Gedanken, daß der Doppelzustand auf der Periodizität der kosmischen Reize beruhen möge. Der Winter und die Nacht sind ja die Zeiten, in denen das Leben aus dem tätigen in den untätigen Zustand übergeht, und in ihnen fehlen die kosmischen Kräfte des Lichtes und der Wärme. Indessen diese Kräfte können nicht so direkt die Ursache der Lebensfähigkeit sein. Wir sehen, wie der Nachtwächter zum Tagschläfer wird, wie der Winterschlaf mit dem Sommerschlaf bei nahe verwandten Arten abwechselt.

Es ist nicht der direkte, sondern der indirekte Einfluß der kosmischen Kräfte, welcher in Betracht kommt. Der Tagschläfer schließt sich ab von dem Getriebe, das die Welt erfüllt, während die Sonne leuchtet, er sorgt, daß keine Kräfte seine Körperoberfläche erregen. Der Sommerschläfer sieht seine Ernährung absterben infolge der mangelnden Feuchtigkeit, die die Wärme zur Verdunstung gebracht hat, während der Winterschläfer in dem Erlöschen des

---

[1]) Bachmetiew, Anabiose und Temperaturkurve der wechselwarmen Tiere. Biol. Zentralbl. XXI, 1901.

[2]) Cl. Bernard, Leçons sur les Phénomènes de la vie communs aux animaux et aux végétaun. Paris 1878.

vegetativen Lebens bei der mangelnden Wärme die Ursache zum Winterschlaf findet. Beide verkriechen sich im Schlamm, um ihre Körperoberfläche vor der Wirkung der Kräfte der Umgebung zu schützen.

Was ist es nun, was eigentlich diesen Doppelzustand bedingt, unter so verschiedenen äußeren Bedingungen? Es ist das Verhältnis der Zooide zum Hyphoid oder in anderen Worten der Analyse zur Synthese. Die dem Leben dienenden Substanzen wollen nicht bloß zersetzt, sie wollen auch gebildet sein.

Schon in der physiologisch-chemischen Analyse habe ich darauf hingewiesen, wie dieselben nicht etwa fertig aufgenommen, sondern wie sie im Organismus gebildet werden. Das ist ein ganz allgemeines Gesetz. Fremdes Leben, d. h. der Zusammenhang der Atomgruppen der fremden Leben eigentümlich ist, wird zerstört und dafür der dem eigenen Leben entsprechende Aufbau durchgeführt. Daher hat jedes lebende Wesen seine zwei Perioden, eine der Zerstörung, eine des Aufbaus.

In den unserer Betrachtung zugrunde liegenden Wirbeltieren macht sich das nun im Verhältnis der Zooide zum Hyphoid geltend. Während des Wachens liegen die Zooide auf der Lauer, um jeden an einer Körperoberfläche eintreffenden Reiz mit einer Zersetzung zu beantworten, und auf jede Zersetzung erfolgt die Wiederherstellung mit Hilfe des Hyphoids. Wenn wir daher fragen, was tut ein lebendes Wesen während des Schlafes, so antworten wir „es bildet sein Hyphoid".

Nicht als ob das Hyphoid während des Wachens nicht tätig wäre. Das Blut vollendet seinen Kreislauf, so haben wir gesehen, und es bringt zu den Zooiden die Nahrungsstoffe, wie den Sauerstoff, welchen sie brauchen. Auch die Blutkörperchen können während des Tages gebildet werden, so belehrten uns die im Luftballon gemachten Befunde. Aber werden sie alle und werden sie ganz gebildet während des Wachens? Ist nicht ein bestimmtes Stadium dem Schlafe vorbehalten? Und das Blut ist ja nicht das ganze Hyphoid. Da haben wir die Interzellularsubstanzen, den Knorpel, den Knochen.

Was ist eigentlich ihr Sinn? Wir wurden nicht befriedigt von der herkömmlichen Antwort in betreff ihrer Zweckmäßigkeit. Wir wollen wissen, was sie zu tun haben mit der Symbiose, die dem Leben

zugrunde liegt. Eine Symbiose kann doch nicht einseitig sein. So gut wie das Hyphoid Stoffe liefert für den Aufbau der Zooide, so gut müssen auch diese wieder den des Hyphoids bestreiten. Schon in der embryologischen Analyse, als wir von der Bildung der Scheidewände und der Bahnen im Organismus sprachen, haben wir etwas dahin zielendes gesehen. Diese Stoffe aber werden die Zooide nicht abgeben können, so lange sie selber auf der Wacht sind gegenüber den Reizen der Außenwelt. Wenn es sich dann weiter handelt, wie wir im vorigen Kapitel sahen, um ein Durchlaufen des Lebens in seinen Stadien seitens dieser Zooide unter dem Wechsel des Einflusses der Kräfte der Umgebung und der kosmischen Kräfte, gibt es dann nicht auch verschiedene Stadien in dem Leben des Hyphoids? Wird es in allen Perioden des Lebens dieselben Stoffe von den Zooiden bekommen?

Schon sehen wir einen Schimmer von dem wirklichen Verhalten in der Differenz, die uns das Hyphoid, d. h. das Bindegewebe wollen wir sagen, um anschaulicher zu sein, in den verschiedenen Lebensaltern darbietet. Da haben wir zunächst das Wachstum, die Entwickelung und Vergrößerung. Das bedeutet ein stetiges Anwachsen in der Menge der Stoffe, die es erhält. Aber mit dem Ende des Wachstums ist das, was das Hyphoid erhält, nicht abgeschlossen. Mit dem Ende des Wachstums beginnt die Geschlechtsreife, und wie sie in eigentümlicher Weise verknüpft ist mit dem Verhältnis von Zooid und Hyphoid haben wir bereits berührt, als wir von den trophischen Störungen sprachen in der physiologisch-chemischen Analyse. Die Verknöcherung an der Epiphysengrenze, der Ersatz des Knorpels durch den Knochen, das Schwinden der Chondroitinschwefelsäure und das Auftreten der Verbindung von Collagen mit den Kalksalzen ist die Bedingung für die Freiheit von dieser Störung bei der Resorption der Geschlechtsprodukte. In irgend einer Weise müssen die Stoffe, die zum Aufbau des Hyphoids und zur Bildung der Geschlechtsprodukte gebraucht werden, miteinander interferieren.

Endlich sehen wir am Ende des Geschlechtslebens eine neue solche Störung eintreten in der Form des Carcinoms, das, welches auch seine auslösende Ursache sein mag, seinem Wesen nach von Thiersch[1]) zurückgeführt wurde auf eine Störung des

[1]) Thiersch, Der Epithelialkrebs namentl. der Haut. 1865.

Gleichgewichts zwischen Bindegewebe und Epithel. Drei verschiedene Stadien der Beziehungen zwischen Hyphoid und Zooid haben wir demnach, in dreimal verschiedener Weise muß die Symbiose zwischen beiden sich ändern. Wir können das nur verstehen, wenn wir annehmen, daß es entweder für die einen oder für beide drei verschiedene Lebensstadien gibt. Nicht bloß den kleinen täglichen Austausch von Stoffen zwischen den zwei Zweigen der Symbiose hat demnach das Leben zu bewirken, sondern eine fortwährende Bildung und Umbildung, die zum Übergang aus einem Stadium ins andere führt, und die sich vollzieht unter dem wechselnden Einfluß der kosmischen und der Umgebungskräfte.

Wachen und Schlafen sind die beiden Zustände des Gesamtorganismus, in denen die Bildung der Zooide oder des Hyphoids überwiegt; Fasten und Fressen sind Wirkungen oder Ursachen dieser Zustände. Der Schlaf ist die Zeit des Fastens, denn es fehlt die Tätigkeit der Zooide, die zum Fressen führt, und Fasten ist auch wieder die Ursache des Schlafes, wie die Winterschläfer zeigen. Die Hauptbeziehung zwischen beiden aber ist, daß es eine Zeit braucht, in der die mit der Nahrung aufgenommenen Atomgruppen in die Bestandteile des Organismus übergeführt, und eine andere, in der diese wieder zersetzt werden.

---

3. Das Knochengerüst.

Nichts erscheint so charakteristisch wie das Knochengerüst. Die vergleichende Anatomie zeigt uns wieder und wieder, wie durch alle Familien und Ordnungen, ja durch alle Klassen der Wirbeltiere hindurch seine Anlage dieselbe bleibt. Schon der Name Wirbeltiere deutet darauf hin, wie das unterscheidende Merkmal in dem Knochengerüste liegt. Alles übrige scheint davon abzuhängen. Und dieses Knochengerüst ist eine Bildung des Hyphoids. Aber ist es das wirklich? Es stammt von dem mittleren Keimblatt, und dessen Deszendenten haben wir erst im letzten Kapitel als Bildungen des Hyphoids angesprochen. Anderseits aber haben wir auch speziell in der physiologischen Analyse das Blutgefäßsystem als das Hyphoid bezeichnet, und zu diesem

gehört das Knochengerüst doch nicht. Es macht sich da eine gewisse Unbestimmtheit im Gebrauch der Bezeichnung Hyphoid geltend, die der Leser wahrscheinlich schon in allen vorausgehenden Abschnitten gespürt hat. Alle Bahnen, die sich in den Scheidewänden entwickeln, wurden schon in der embryologischen Analyse dem Hyphoid zugewiesen, und doch gehören zu diesen Bahnen auch die cerebrospinalen Nerven, die doch Abkömmlinge des äußeren Keimblattes sind, also von den Zooiden stammen. Die letzten Kapitel geben uns endlich die Mittel an die Hand, dieser Unklarheit etwas auf den Grund zu sehen. Wir sehen, wenn wir an die morphologischen Gebilde herangehen, nirgends die Symbioten rein für sich. Alle Zellen werden von einer Kombination derselben gebildet, und erst die Synthese kann zeigen in welcher Weise. Das Leben entwickelt dann in diesen morphologischen Grundlagen die einzelnen Symbioten, es macht sie selbständig. Unter dem Einfluß der auf den Organismus wirkenden Kräfte entstehen dann neue Kombinationen in den verschiedenen Geweben, so auch im Knochengewebe. Der erste Einblick in die Doppelnatur ist der, wir haben die Vorbereitung, den Nährboden, wie wir im Verfolg unserer früheren Betrachtungen sagen, und dann das Wesen selbst, welches sich in diesem Nährboden entwickelt. Das Knochengerüst zeigt uns selbst in seinen verschiedenen Stadien der Entwickelung etwas von der Doppelnatur. Zuerst wird es angelegt als Knorpelgerüst. In diesem Stadium ist es gefäßlos. Erst wenn das eigentliche Hyphoid, die Gefäße hineinwandern, beginnt die Verknöcherung. Die Gefäße stammen aus dem mittleren Keimblatt, der Knorpel, der zu ihrem Nährboden wird, erhält sein wesentliches Material von den Zooiden. Aber nicht der Knorpel allein wird zum Nährboden, auch das Periost, d. h. das fibrilläre Bindegewebe.

Zweierlei Anteile enthält der erwachsene Röhrenknochen, den Knorpelknochen und den Bindegewebsknochen. Die Mitte der Knochen aber höhlt sich dann wieder zum Knochenmark aus, in dem die Gefäße wandungslos sind, in dem die Blutkörperchen entstehen. Als eine Ursprungsstelle des Blutes ist das Knochenmark anzusehen. Was zuerst gefäßlos war, was erst durch ein Eindringen der Gefäße belebt wurde, bildet dann den Ausgangspunkt der Gefäße. Die Wechselwirkung von Hyphoid und Zooiden haben wir da recht deutlich. Die Zooide bilden

den Nährboden, und in ihn dringt der besondere Keim des Hyphoids, in ihm entwickelt er sich, und das Material, das er bringt, fällt wieder den Zooiden zu. Indessen damit können wir uns noch nicht zufrieden geben. Vor allem möchten wir wissen, warum denn die Knochen eine so bestimmte Gestalt und Lage annehmen. Offenbar rührt dies von dem Nährboden her, denn schon der Knorpel bildet die Gestalt des Knochens bis zu einem gewissen Grade vor. Da nun die Nährböden von den Zooiden gebildet werden, so ist es die Lage der Zooide, welche die Gestalt des Knochengerüstes bedingt. Indessen nur innerhalb einer gewissen Grenze ist die Gestalt des Knochens durch den Knorpel bedingt. Das führt uns zur Konstatierung einer anderen Tatsache.

Erst nach der Geburt vollzieht sich die Verknöcherung. Schon während die Außenwelt an die Oberflächen des Organismus pocht, bildet sich der Knochen. Es ist also die Tätigkeit der Zooide, welche anknüpft an die Reize der Außenwelt, die die Stoffe liefern muß für die Bildung des Knochens. Wir sehen demgemäß, wie derselbe sich anpaßt an den Zug des an ihm sich anheftenden Muskel. Das ist nicht bloß physikalisch, das ist auch chemisch bedingt, weil der Muskel als Derivat der Zooide dem Knochen Stoffe für seine Entwickelung liefern muß. Fragen wir dann weiter, warum haben wir denn zweierlei Nährböden, Knorpel und Bindegewebe für die Entwickelung der Knochen, so lautet die Antwort zunächst, wir haben auch zweierlei Zooide, die dieselben liefern. Schon früher habe ich darauf aufmerksam gemacht, wie der Knorpel, namentlich die Chorda dorsalis, wesentlich geliefert wird von dem Si-Zooid, das fibrilläre Gewebe von dem Ca-Zooid. Dann aber sehen wir sofort ein, die beiden Zooide sind nicht gleich beteiligt bei der Bildung des Knochens. Der Knorpel schwindet, wenn der Knochen sich ausbildet. Das Ca-Zooid gewinnt die Oberhand über das Si-Zooid.

Das muß mit dem Hyphoid zusammenhängen, denn mit dem Eindringen der Gefäße in den Knorpel am Verknöcherungspunkt vollzieht sich diese Änderung. Ist das Hyphoid mit dem einen der beiden Zooide anders verbunden als mit dem anderen? Schon einmal kamen wir auf diese Idee. Als wir von dem Herzen sprachen und dem Blutkreislauf in der physiologischen Analyse, da sahen wir vor uns zwei Gefäßbäume. Der eine, der der Arterien, ging von dem

Herzen aus und verzweigte sich nach der Peripherie, der andere, der der Venen, hatte im Gegenteil sein Ende in dem Herzen. Damals bezeichneten wir nun den ersteren als Hyphoid und den letzteren rechneten wir dem Ca-Zooid zu, bei dem die einzelnen Teile zu einem Plasmodium zusammenfließen. Wenn wir nun von beiden zusammen als von dem Hyphoid reden, ist das nicht wieder ein Widerspruch? Ja wir dürfen nicht vergessen, daß in dem Maße, als wir tiefer in das wirkliche Verhältnis eindringen, die Kompliziertheit immer deutlicher wird. Jede morphologische Bildung ist ja schon zusammengesetzt aus Symbioten und immer mehr häuft sich die Mannigfaltigkeit der morphologischen Bildungen. Das Blutgefäßsystem enthält die Gefäßwand, das Plasma, die Körperchen. In jeder Beziehung ist es etwas anderes, ja jedes dieser Gebilde ist wieder zusammengesetzt, und je nachdem der eine oder der andere Teil vorwiegt, sei es für die morphologische Betrachtung, sei es für die Funktion, die untersucht wird, sprechen wir ihn dem einen oder dem anderen Symbioten zu. So denken wir wesentlich an das Plasma, wenn wir die Venen auffassen als einem Plasmodium vergleichbar, und wir denken wesentlich an die Gefäßwand, wenn wir das Gefäßsystem dem Hyphoid zurechnen.

Wie aber verhält es sich denn mit den Blutkörperchen, die uns hier wegen des Knochenmarks besonders interessieren? Da müssen wir uns erinnern, daß wir auch das Hyphoid nicht einfach erwarten dürfen. Die Hyphenpilze, denen wir es vergleichen, haben immer zweierlei Generationen, geschlechtliche und ungeschlechtliche. Die ersteren sind seltener als die letzteren, aber in gewissen Intervallen sind sie unentbehrlich. Sollte der Umstand, daß es mindestens 12 Blutkörperchengenerationen auf eine Generation von Geschlechtsprodukten gibt, wie die Zählungen beim Frosche ergeben haben, darauf hinweisen, daß Blutkörperchen und Geschlechtsprodukte in einem solchen Verhältnis zueinander stehen, wie ungeschlechtliche und geschlechtliche Generation des Hyphoids?

Aber die Geschlechtsprodukte des Organismus pflanzen doch nicht bloß das Hyphoid, sondern auch die Zooide fort. So müssen denn die Zooide in einem besonderen Verhältnis zu den Geschlechtsprodukten des Hyphoids stehen. In welchem? Das wissen wir einstweilen noch nicht. Aber gerade die Knochen er-

innern uns daran, daß eine solche Beziehung existiert. Schon habe ich davon gesprochen, wie die Ausbildung der Knochen bis zur Verknöcherung der Epiphysengrenze den Abschluß bilde der ersten Lebensperiode. Von ihr aus beginnt das Reifwerden der Geschlechtsprodukte. Diese reifen mit dem Fertigwerden des Hyphoids, d. h. seiner geschlechtlichen Generation. Weiter hat uns dieses Kapitel gezeigt, wie das Hyphoid anders verknüpft ist mit dem Ca-Zooid als mit dem Si-Zooid. Jenes, das wissen wir aus der embryologischen Analyse, liegt wesentlich dem inneren, dieses dem äußeren Keimblatt zugrunde, jenes liefert das verkalkende Bindegewebe, dieses den Knorpel. Mit dem Beginn der Geschlechtsperiode schwindet der Knorpel, der Knochen ist ausgebildet.

Wo die beiden, Wachstum und Geschlechtsreife interferieren, gibt es die trophischen Störungen. Wie aber gestaltet sich das Verhältnis zwischen den Geschlechtsprodukten des Hyphoids und den Zooiden? Ein erstes Licht wirft darauf gerade wieder das Knochengerüst. Der Histologe sagt uns, es gehört der Interzellularsubstanz an. Zellen sind zwar darin, aber das eigentlich wesentliche ist die Interzellularsubstanz. Das gleiche gilt für den Knorpel. In der Interzellularsubstanz aber finden sich da die anorganischen Bestandteile, welche für die Zooiden charakteristisch sind, das Ca, das Si. Das Hyphoid aber enthält dieselben nicht, seine Interzellularsubstanz, das Plasma, ist flüssig. Die anorganischen Substanzen sind also hinausgedrängt aus dem Hyphoid in das, was dasselbe umgibt, was es von den Zooiden trennt. Auch in die Geschlechtsprodukte des Hyphoids also werden die anorganischen Substanzen als anorganische nicht hineinkommen.

Ja können sie denn als organische hineinkommen? Da haben wir ein merkwürdiges Beispiel an den Blutkörperchen, den Repräsentanten der ungeschlechtlichen Generation. Das Eisen, das sie enthalten, findet sich auch in den Epithelzellen, den Derivaten der Zooide, in den Plasmosomen. Aber dort findet es sich in einer anorganischen Form, die die Eisenreaktionen gibt, in den Blutkörperchen dagegen in einer organischen Form, ohne die Eisenreaktionen. Dort haben wir es angesprochen als die kolloidale Grundsubstanz der Plasmosomen im Gegensatz zu dem Tricalcium-

phosphat als der kolloidalen Grundsubstanz der Kerne und der Kieselsäure als der kolloidalen Grundsubstanz des Protoplasmas.

Wenn das Eisen also aus den Zooiden in das Hyphoid übergeht, dann muß es aus der anorganischen in die organische Bindungsform übergehen, es muß aus einer Substanz, die bloß das Gerüst bildet, ein aktiver Bestandteil werden. Dem, was für das Eisen gilt, müssen sich Ca und Si auch fügen, denn auch sie gehen durch die Bahnen des Organismus hindurch. Wir haben das für die Nervenbahnen in der physiologischen Analyse gesehen. Wenn wir auch deren Aufbau noch nicht verfolgen können, so wissen wir doch, daß die Gesetze des mittleren Keimblattes auch für *ihre Grundlage* gelten, sie leitet sich auch von den Scheidewänden ab. Ist aber die Rolle der organischen Existenz für diese Elemente einstweilen ausgespielt, dann kommen sie in die Interzellularsubstanz, um in dieser aufgespeichert zu werden.

---

4. Das Verhältnis der Darwin'schen Theorie zur Kritik der Erfahrung vom Leben.

Darwin hat die Fülle der Erscheinungen, die die lebenden Wesen darbieten, dadurch vereinfacht, daß er sie alle von gemeinsamen Urwesen ableitete. Die Kritik der Erfahrung vom Leben legt ihrem Leben einen gleichartigen Prozeß zugrunde. Es tangiert das eine das andere nicht. Aber einige Schwierigkeiten der Erklärung bieten sich für die Darwinsche Theorie dar, und ich will mich darüber aussprechen, inwiefern die Vorstellung von unserem Grundprozeß diese Schwierigkeiten aufhellt. Sie liegen nämlich nicht in der Fülle und auch nicht in der Einheit, sondern sie liegen darin, daß nur gewisse Typen verwirklicht sind und dazwischen die Übergänge fehlen.

Die wissenschaftliche Welt teilt die Darwinsche Theorie gegenwärtig in zwei Abteilungen, die eine bezeichnet Haeckel als Evolutionstheorie, die zweite als Selektionstheorie. Die erstere hat nach ihm heute keine ernst zu nehmenden Gegner mehr, die zweite dagegen viele. In Anbetracht unserer heutigen Kenntnisse über die Einheitlichkeit des Aufbaues aller lebenden Wesen in chemischer und morphologischer Beziehung ist es nicht wunderbar,

daß man den einheitlichen Ursprung der lebenden Wesen allgemein annimmt. Es böte sich als Möglichkeit noch die andere Hypothese dar, daß, weil die Bedingungen für die Entstehung des Lebens auf unserer Erdoberfläche ganz bestimmte, und durch die daselbst wirkenden Kräfte gegebene seien, alles Leben, das entstehe, nur nach einer bestimmten Art in einer bestimmten Form entstehen könne.

Von diesen beiden Möglichkeiten ist jedenfalls die erstere die einfachere. Sie erfordert aber als ihre Ergänzung, daß man sich eine Vorstellung mache von den Ursachen, die die Variation der ursprünglichen Einheit herbeigeführt haben. Darwin hat hierzu eine Anleitung gegeben, die man als den zweiten Teil seiner Theorie betrachten kann und auch als Selektionstheorie bezeichnet.

Man hat dieser Theorie zunächst einige Vorwürfe gemacht in bezug auf das, was sie nicht leiste. Darwin weist bekanntlich auf die Verschiedenheit der Bedingungen des Lebens an unserer Erdoberfläche hin, und auf die Variation der Individuen, welche einer Art angehören. Unter diesen Individuen wird eines sein, welches den Sieg im Kampf ums Dasein erringt, wie Darwin sagte, welcher unter den wirkenden kosmischen Kräften die günstigste Kraftentwickelung hat, wie wir sagen würden. Dieses Individuum wird nun am meisten Aussicht haben, sein Leben zu erhalten und sich fortzupflanzen. Wie nun die Bedingungen des Lebens an der Erdoberfläche mannigfaltige sind, so wird es auch mannigfache Arten von Individuen geben.

Man hat gegen diese Betrachtungsweise geltend gemacht, daß ein Widerspruch darin liege, daß die Bedingungen des Lebens sich ganz kontinuierlich, die Arten aber sich sprungweise ändern. Man hat gesagt, aus den Veränderungen der Lebensbedingungen kann man sich wohl erklären, warum es eine Variation von Bären gibt, die einen dichten weißen Pelz haben, eine andere mit braunem, eine andere mit grauem, eine andere mit schwarzem Pelz. Man kann verstehen, warum die eine Variation ausschließlich Fleisch frißt, die andere fast reiner Pflanzenfresser ist.

Aber man kann daraus nicht ableiten, warum es neben den Bären auch Füchse oder gar Schweine gibt. Was sollen überhaupt die vier Klassen der Wirbeltiere, die Säugetiere, die Vögel, die Am-

phibien und Reptilien, die Fische nebeneinander; warum gerade vier? Man wird indessen geneigter, diese sprungweise Änderung zu verstehen, wenn man den ganzen inneren Aufbau, den Mechanismus der Entstehung in Rechnung zieht, wovon unsere Kritik Gebrauch macht. Sehen wir einmal an den allereinfachsten Problemen, wie unseren Sinnen, auf die wir ja immer angewiesen sind, die Sache erscheinen muß.

Wir haben eine Anzahl Linien und sollen mit diesen eine Fläche einschließen, die einfachste Konstruktion, die es gibt. Das eine Mal sei die Zahl dieser Linien drei, das andere Mal vier, das ist wieder die einfachste Variation, die denkbar ist. Aber wie verschieden ist das Resultat. Das eine Mal erhalten wir ein Dreieck, das andere Mal ein Viereck, ganz verschiedene Erscheinungen für unsere Sinne, ganz verschieden in ihren Eigenschaften, wie uns die Geometrie, die aus ihnen ihre Lehrsätze ableitet, belehrt. Nun seien diese Linien einmal Symbioten, welche einen Organismus bilden bei ihrer Vereinigung. Man sieht ohne weiteres, wie verschieden diese Organismen ausfallen müssen, nach der Zahl der Symbioten, die man vereinigt.

Ein weiterer Einwand, den man gegen die Selektionstheorie erhoben hat, leitet sich aus der Erfahrung ab. de Vries, der Botaniker,[1]) hat Variationen von Pflanzen beobachtet und gefunden, daß dieselben gar nicht allmählich unter dem Druck der veränderten Lebensbedingungen und in Anpassung an dieselben geschehen, sondern daß plötzlich eine ganze Anzahl Variationen verschiedener Art hervortreten. Er sah eine Anzahl neuer Spezies fast gleichzeitig aus einer Mutterpflanze hervorgehen, von denen die einen bald wieder zugrunde gingen, die anderen sich erhielten. Auch das läßt sich verstehen, wenn man zu der Darwinschen Vorstellung von der Einwirkung der äußeren Bedingungen die Notwendigkeiten hinzufügt, welche aus dem inneren Aufbau sich ergeben.

Ich habe in den letzten Kapiteln oft von dem Einfluß der Lebensbedingungen auf das Verhalten des Organismus gesprochen. In ihrer allgemeinsten Form habe ich die Lebensbedingungen resumiert als die kosmischen Kräfte und habe die Vorstellung entwickelt,

---

[1]) de Vries, Die Mutationen u. die Mutationsperioden bei der Entstehung der Arten. Die Umschau V, 1901.

wie diese kosmischen Kräfte an die äußere und innere Oberfläche des Körpers pochen und dort Veränderungen hervorrufen. Das ist im Grunde die Darwinsche Vorstellung auch. Nun gehe ich weiter. Diese Veränderungen beeinflussen den Lebensvorgang der Symbioten, die das Leben des Organismus bedingen. Betrachten wir nun einmal den Fall, der sich ereignen würde, wenn eine solche Veränderung erheblich wäre. Es könnte das Verhältnis der Symbioten so gestört werden, daß kein neues Gleichgewicht möglich wäre. Das bedeutete den Tod des Individuums, und wenn sich dasselbe für alle Individuen der gleichen Art wiederholte, ein Aussterben derselben.

Oder aber, es stellt sich ein neues Gleichgewicht her. Auf doppelte Art ist das möglich. Entweder die Zahl der Symbioten ändert sich, welche den Organismus aufbauen. Sehen wir wieder die Wirkung hiervon an unserem einfachsten Beispiele von vorhin. Im ersten Falle hatten wir drei Linien, jetzt aber unter den neuen Bedingungen vier. Welche Fülle von neuen Figuren, d. h. von neuen Organismen können sich da bilden. Rechtecke, Quadrate, Rhomben, Rhomboide, Trapeze, Trapezoide, also eine ganze Anzahl von Variationen. Oder aber die Zahl der Symbioten bleibe gleich, aber es ändere sich das Verhältnis derselben zueinander. An unserem Beispiel betrachtet, würden wir sagen, der Winkel änderte sich, den die Linien einschließen. Sofort tauchen vor unseren Augen auf das gleichseitige, das gleichschenklige, das rechtwinklige, das stumpfwinklige und alle die verschiedenen Arten der Dreiecke.

Man sieht schon, daß man selbst, um diese einfachen Figuren zu verstehen, nicht bloß die äußeren Bedingungen, unter denen sie variieren, kennen muß, sondern auch die inneren Gesetze ihres Aufbaues. Was aber für sie gilt, gilt in noch höherem Grade für die Organismen. Es gibt freilich verschiedene Grade der Kenntnis. Es gibt auch eine Kenntnis des Dreiecks, die man zu einer Zeit hat, wo man noch nichts von den Euklidischen Sätzen weiß. Und wieder eine Kenntnis davon, nach dem man diese gelernt, aber noch nichts von der Trigonometrie weiß und so fort. Noch viel mehr Abstufungen mag unsere Kenntnis von den Organismen haben.

Noch nach einer anderen Seite hin mag die Kritik der Erfahrung zum Verständnis der Darwinschen Theorie eine Hilfe

bieten. Diese liegt in der Einheit der Lebensprozesse, die sie vertritt. Ich will dies durch ein Beispiel veranschaulichen. Ein Freund, ohne alle Kenntnis übrigens von der von mir hier vertretenen Auffassung, sagte mir kürzlich etwa folgendes: Unsere Sinne sollen sich ausgebildet haben durch die Erfahrung, um uns Kenntnis zu geben von der uns umgebenden Welt. Ein Eingeborener von Südafrika, der unsere Blumen niemals gerochen hat, dessen Vorfahren sie niemals gerochen haben, wird sie doch deutlich riechen, ja wird sie am Geruch voneinander unterscheiden. Wie reimt sich das?

Ja, erwiderte ich, die Geruchsstoffe, welche die Pflanzen bilden, sind, wie die Chemie uns lehrt, gar nicht so sehr voneinander verschieden. Sie haben meistens denselben Kern, dem nur verschiedene Seitenketten angehängt sind, die den Unterschied für unsere Geruchsnerven begründen. Andererseits sind auch wieder die Stoffe, die in uns vorkommen, von denen in den Pflanzen nicht so different. Wir wissen bereits, daß die Pflanzen, wo sie Stärke zu verdauen haben oder Eiweißkörper, wie die insektenfressenden Pflanzen, gleiche Fermente brauchen wie wir, von vielen anderen ganz zu schweigen, so mag auch zwischen den Stoffen, welche sie produzieren, und die gerochen werden und den Stoffen, die wir produzieren, um zu riechen, eine nahe Verwandtschaft bestehen. Daß ein Eingeborener Südafrikas unsere Blumen riecht, ist nur ein Zeichen der Gleichheit des Lebensprozesses, welcher hier wie dort sich abspielt. Die Übung aber mag sicher dann diese Seite des Lebensprozesses, die Feinheit der Empfindung steigern.

---

5. Die beiden Geschlechter.

Keine Tatsache der Darwinschen Theorie, keine aus dem Bereich der Erscheinungen der lebenden Wesen erscheint so erstaunlich, als daß wir jede Art repräsentiert haben durch zwei verschiedene Typen, die beiden Geschlechter. Wir sind aber nun so gewöhnt an diese Duplizität, daß wir darüber hinwegsehen.

Was hat nun die Kritik der Erfahrung zu ihr zu sagen? Wenn man sich auf den Standpunkt der physiologisch-chemischen Analyse stellt, nach dem die Bildung der Geschlechtsprodukte das Endziel des

Stoffwechsels bildet, möchte man zunächst fragen, warum ist diese Verschiedenheit nicht größer angesichts der Verschiedenheit der Geschlechtsprodukte? Es handelt sich eben nicht bloß um die Geschlechtsprodukte, sondern auch um die Geschlechtscharaktere. Diese bilden eine Ergänzung, eine Art Opposition zu jenen, so daß durch sie der Stoffwechsel bei beiden Geschlechtern zu einem ähnlichen ergänzt wird.

Die Geschlechtscharaktere bedingen die geschlechtliche Differenz der Individuen, sie gehören der gegenwärtigen Generation an, die Geschlechtsprodukte der künftigen. Daß dem Jüngling der Bart sproßt, daß bei dem Mädchen die Brüste sich runden ist eine Ergänzung zur Bildung der Spermatozoen und Eier. Es erscheint fast trivial, darauf hinzuweisen. Aber wie hängt das zusammen? Wir haben in unserer Analyse Fortschritte gemacht. Wir haben gelernt, daß das Leben auf einer Symbiose beruht, daß die Zooide des Organismus in einem Kampf miteinander liegen, in dem das Gleichgewicht durch das Hyphoid hergestellt wird. Das vorletzte Kapitel nun sagte uns, daß auch das Hyphoid eine doppelte Existenz hat, eine geschlechtliche und eine ungeschlechtliche Generation. Wie kann nun diese Symbiose zu einer Trennung der Geschlechter führen? Wie kann dieser Vorgang, von dem wir seither als einem einheitlichen gesprochen haben, von dem wir die Einheitlichkeit in allen möglichen Manifestationen nachzuweisen versuchten, sich doch in einem doppelten, in einem so verschiedenen Sinn abspielen?

Kehren wir einen Augenblick zurück zu unseren früheren Betrachtungen. Wir sahen damals den Stoffwechsel als einen Zyklus an, und wir unterschieden den Zyklus, der in dem Individuum verläuft, und den, der in der Art verläuft. Das Geschlechtsprodukt bildet das Bindeglied zwischen beiden. Das Wesen des Zyklus aber besteht darin, daß die Atome, die an demselben teilnehmen, am Schlusse dieselbe Gruppierung, dieselbe Stellung aufzeigen wie am Anfang. Die verschiedenen Zwischenstufen entsprechen den intermediär entstehenden Stoffen und den Geweben des Organismus. Denn auch die Zooide und das Hyphoid müssen einen solchen Zyklus durchlaufen, wenn sie leben wollen. Die verschiedenen Phasen ihres Lebens entsprechen den verschiedenen Zuständen, von denen ich in den letzten Kapiteln sprach. Jeder der Symbioten

sucht also im Organismus seinen Zyklus zu durchlaufen, und das äußert sich in den verschiedenen Kraftentwickelungen den verschiedenen Formbildungen, die im Organismus stattfinden. Das Eigentümliche der Symbiose dabei ist es, daß die Veränderungen des einen Symbioten niemals isoliert verlaufen, daß sie immer die der anderen wachrufen. Niemals sehen wir daher in den höheren Organismen den Zyklus eines Zooids oder des Hyphoids für sich, immer sehen wir Kombinationen der Symbioten in ihren verschiedenen Stadien.

Auch dann, wenn ich spreche, wie ich es in den vorausgegangenen Kapiteln oft getan habe, von einem Gewebe als den Repräsentanten eines Symbioten, so dürfen wir darunter nur verstehen, daß in diesem Gewebe dieser Symbiote besonders deutlich zu erkennen ist. Wenn ich von den Epithelzellen als Deszendenten der Zooide, von dem Bindegewebe als dem des Hyphoids spreche, so dürfen wir dabei keinen Augenblick vergessen, daß auch im Epithel das Hyphoid, auch im Bindegewebe die Zooide vertreten sind. Wir erkennen nur hier und dort deutlicher die Wirkung des einen oder des anderen. So ist auch der Gesamtzyklus, der zur Bildung der Geschlechtsprodukte führt, ein Kombinationszyklus, und es ist unsere Aufgabe, in dieser Kombination den Anteil der einzelnen Faktoren, also der Zooide und des Hyphoids, zu entziffern. Das Verständnis der Trennung des Geschlechtes hängt hiervon ab, denn auf der Reihenfolge, in der diese einzelnen Komponenten zusammenwirken, beruht eben die Verschiedenheit.

Die Zooide sind in ihrer Fortpflanzung ungeschlechtlich, das Hyphoid dagegen hat eine geschlechtliche und eine ungeschlechtliche Generation. Man erkennt sofort, daß die erstere bestimmend wird für die geschlechtliche Trennung. Aber sie kann es nicht allein sein, denn die Zooide kombinieren sich in diesem Zyklus. Die Zellen der Geschlechtsorgane sind ja Epithelzellen. Sie sind allerdings Abkömmlinge des mittleren Keimblattes, aber solche, die durch Einstülpung, wie es die Coelomtheorie verlangt, aus der Keimblase hervorgegangen sind, und deswegen Deszendenten der Zooide.

Anderseits reproduzieren die Geschlechtsprodukte nicht einzelne Zellen, sondern den ganzen Organismus und die Verbindung aller einzelnen Teile besorgt das Hyphoid. Setzen wir für Hyphoid

einmal Blutgefäßsystem, so sehen wir ohne weiteres, wie das Material zur Bildung der Geschlechtsprodukte hierdurch den Geschlechtsorganen zugetragen wird. Es ist also eine Verbindung des Hyphoids mit den Zooiden, die zu dieser Bildung führt.

Wie aber gestaltet sich dieselbe? Wieder werden wir an das vorige Kapitel erinnert, welches uns belehrte, daß nicht beide Zooide in gleicher Weise mit dem Hyphoid verbunden seien. Die Embryologen lehren uns, wie Hoden und Eierstock von dem mittleren Keimblatt herstammen. Aber ihre Entwickelung ist bei beiden Geschlechtern verschieden. Die Untersuchung zeigt, wie sie ausgeht in der Leibeshöhle von einem Streifen, dem Keimepithel. Nicht wie Bindegewebszellen, sondern wie Epithelzellen erscheint diese Anlage der Geschlechtsorgane, obgleich sie vom mittleren Keimblatt herstammt. Wie ich schon oben sagte, ist dieses Keimepithel wohl hervorgegangen von den eingestülpten Epithelien des Coelom.

Das Coelom aber scheidet sich in ein parietales und ein viscerales Blatt. Wohl mag der Unterschied der Anlage des männlichen und weiblichen Geschlechtsorgans zusammenhängen mit dieser Trennung, so daß das eine Organ von dem parietalen, das andere vom visceralen herstammt. Die Embryologie hat uns denn weiter gelehrt, wie diese eingestülpten Epithelien in Verbindung treten mit dem in den Spalten ausgeschiedenen Mesenchym, jenen Substanzen, die ich in der histologischen Analyse als Grundlage der Interzellularsubstanzen und als Grundlagen der Entwickelung des Hyphoids ansprach.

Zusammen mit diesen Hyphoidbahnen entwickeln sich die Epithelzellen. Sie werden zu den Geschlechtsbildnern des Hyphoids, d. h. sie nehmen aus jenen Bahnen alles auf, was die geschlechtliche Generation des Hyphoids mit sich bringt. Aber die Bahnen sind nicht gleich bei beiden Geschlechtern. Zwischen dem parietalen Blatt und dem äußeren Keimblatt liegt etwas anderes als zwischen dem visceralen Blatt und dem inneren Keimblatt. Schon markiert sich also in der Anlage eine Differenz zwischen den Geschlechtern in bezug auf die Verbindung der Geschlechtsorgane mit dem übrigen Organismus. Wenn wir uns dann an die seitherigen Betrachtungen erinnern, wie fortwährend ein Wechsel stattfindet zwischen den Epithelzellen und diesen Bahnen, wenn wir uns weiter erinnern, wie im

Grunde jede Epithelzelle von den Hyphoidbahnen das ernährende Material empfängt, dann fragen wir natürlich, ist denn nicht jede Epithelzelle eigentlich ein Gefäß für die geschlechtlichen Stoffe des Hyphoids? Werden diese Stoffe nicht ebensogut in die anderen Epithelzellen entleert, wie in die der Geschlechtsorgane? Worin besteht der Unterschied? Ja eben darin, daß die Geschlechtszellen vom mittleren Keimblatt stammen, die anderen vom inneren oder äußeren.

Die letzteren repräsentieren nur eine Seite der Sache, das hat sich schon bei der ersten Teilung entschieden, in denen vom mittleren Keimblatt aber hat, das haben wir auch schon gehört, eine eigentümliche Umordnung stattgefunden, durch die sie die Eigenschaften beider vereinigt. Und dann sehen wir weiter. Jedes Individuum bildet nur ein Geschlecht aus. Sein Hyphoid hat bloß die eine Verbindung mit den Geschlechtszellen, die viscerale oder die parietale. Die andere Verbindung führt eben zu den Zellen, in denen die Geschlechtscharaktere ausgebildet werden.

Sofort aber drängt sich der Gedanke auf, die Duplizität der Geschlechter ist eben darin begründet, daß der Zyklus in der einen Richtung oder der anderen durchlaufen werden kann. Entweder können die männlichen Organe des Hyphoids in den Geschlechtszellen des Organismus, die weiblichen als Geschlechtscharakter in den Epithelien des Individuums abgelagert werden, oder umgekehrt. Auf dieser Möglichkeit der Umkehrung beruht sowohl die Differenz der geschlechtlichen Individuen wie der Geschlechtsprodukte.

---

6. Jugend, Geschlechtsreife, Alter.

Drei Lebensperioden zeigt uns die Beobachtung. Drei verschiedene Lebensstadien haben unsere Symbioten nach den seitherigen Betrachtungen, wie gestaltet sich ihr Zusammenhang, wie leiten sich aus deren Kombination die Lebensperioden des Organismus ab? Da ist zuerst die Periode der Jugend, des Wachstums. In ihr bilden sich die Zooide aus zur Vollendung ihres ersten Lebensstadiums, in ihr baut sich das Hyphoid auf. Noch kommt es nicht zur Bildung reifer Geschlechtsprodukte, aber die

Anlage zu denselben ist da. Der Organismus ist voll von den Erscheinungen der Zellteilung, weil sie das Wachstum, also die Zellvermehrung bedingen. Und damit kommt es zur Bildung der Scheidewände, der Bahnen, die den Organismus durchziehen. Schon strömt das Blut, schon arbeiten die Nerven und führen, wie wir im vorigen Kapitel sahen, dem Hyphoid die geschlechtlichen Elemente wieder zu, welche dasselbe an die Epithelzellen abgegeben, aber noch bildet das Hyphoid nicht zusammen mit den Zellen der Geschlechtsorgane reife Geschlechtsprodukte des Gesamtorganismus.

Was fehlt noch, wodurch unterscheidet sich diese Periode von der folgenden? Vor allen Dingen sind die führenden Zooide noch nicht vollständig. Was heißt das im Grunde, die führenden Zooide? Ja da der Gesamtorganismus ein Zoon ist, so muß die Führung in demselben ein Zooid übernehmen, das eine der beiden, von dem wir seither gesprochen. In dieses wäre dann eingeschaltet das Hyphoid und in dieses wieder das andere Zooid. Ich will die beiden in dieser Beziehung unterscheiden als führendes und als Spezialzooid. Was hat das für eine Rückwirkung auf das Hyphoid? Wir teilen, um das näher zu untersuchen, die Periode des Wachstums in zwei Abteilungen, die intrauterine und die extrauterine Entwickelung. In der ersteren ist das Gerüst noch knorpelig angelegt, viele Nervenbahnen entbehren der Markscheide, es finden keine Atembewegungen statt. Während der letzteren verknöchert das Gerüst, die Markscheiden bilden sich aus, die Atembewegungen sind da, die Körperoberflächen sind dem Kampf mit der Außenwelt ausgesetzt.

Das alles hängt zusammen. Die Wirkung der Außenwelt bedingt eine Abschuppung an der Körperoberfläche. Es stoßen sich die glatten, kernlos gewordenen Epidermisschüppchen ab. Sie haben ihren Kern verloren, das bedeutet, daß das Tricalciumphosphat, welches deren Grundlage bildet, weggenommen ist. Weggenommen unzweifelhaft von dem Blut, das wie es als venöses Blut zurückströmte von der Peripherie, reich war an Kohlensäure, die imstande ist, dieses Tricalciumphosphat zu lösen.

Mit diesem Rückströmen verbunden ist, wie wir von früher her wissen, der Übergang der Zooide in ein anderes Lebensstadium, und das bedeutet für die Spezialzooide im äußeren Keimblatt die Abstoßung. Wo kommt der so von dem Blute aufgenommene Kalk

hin? Wir sehen, Hand in Hand gehen mit diesem Prozeß an der Körperoberfläche die Verknöcherung des Knorpels, und wir haben allen Grund, anzunehmen, daß der hierbei gebrauchte Kalk jener Quelle entstammt. Denn mit dieser Abschuppung an der Oberfläche ist das Wachstum, die Vergrößerung des führenden Zooids verbunden.

Immer neue Spezialzooide können sich an der Peripherie einfügen, vermöge jener Abschuppung, bis zum Momente, wo das führende Zooid vollständig ist, und in diesem Momente hört auch die Verkalkung an der Epiphysengrenze auf, denn die Verknöcherung des Knorpelgerüstes ist vollständig.

Unterdessen arbeiten auch die Nerven. Während die Epidermis sich abschuppt, tragen sie nach innen die Elemente, die das Hyphoid befruchten, und es bilden sich die Markscheiden der Bewegungsbahnen aus. Endlich aber ist es die Tätigkeit der nervösen Zentren selbst, welche die Atembewegungen auslöst. Die Verbindung des Hyphoids mit den Zooiden, die hier liegt, bildet sich aus, und der Wechsel des Blutes zwischen arterieller und venöser Sauerstoffspannung ist die Folge.

Betrachten wir nun die zweite, die geschlechtliche Periode. Vorüber sind die Erscheinungen der Zellteilung und damit die Ausbildung der Zooide und des Hyphoids. Ich muß es mir einstweilen versparen, auf den eigentümlichen Zusammenhang einzugehen, der zwischen der im vorigen Kapitel geschilderten Entwickelung der Geschlechtsprodukte einerseits und der Ausbildung von Zooid und Hyphoid anderseits existiert. Genug, die Periode ist vorüber, in der sich diese Ausbildung abspielt. Beide haben ihr erstes Lebensstadium erreicht, beide gehen nun allmählich in ihr zweites Lebensstadium über, unter unzähligen kleinen Absätzen, die die Veränderung, der in sie eingeschalteten unzähligen Spezialzooide betreffen.

Wie gestaltet sich nun in diesem neuen Lebensstadium der Austausch von Stoffen, den wir in der Wachstumsperiode verfolgen? Das führende Zooid ist vollendet, und die Grundsubstanz, die es charakterisierte, wird verfügbar. Es ist die Kieselsäure. Beim weiblichen Geschlecht geht sie über in die Geschlechtsprodukte, beim männlichen Geschlecht in die Haare, namentlich die jetzt wachsenden Barthaare.

Wie aber ist es mit der Grundsubstanz der Spezialzooide? Nach

wie vor ja in erhöhtem Maße findet die Abschuppung der Epidermis an der Körperoberfläche statt, und die Epidermisschüppchen verlieren ihr Tricalciumphosphat. Wo kommt das hin, nachdem die Verkalkung der Knochen beendet ist? Beim männlichen Geschlecht in die Geschlechtsprodukte, die eine Grundsubstanz brauchen. Und beim weiblichen Geschlecht in die Milchdrüsen und die Milch, die uns im Kasein den Gehalt von Phosphorsäure und Paranuklein, in den Salzen den Gehalt an Kalk zeigt. Das Blut mit seinem eigentümlichen Kalkgehalt ist der Vermittler, und wie ich schon früher sagte, ist die Rolle des Kalkes, die er bei der Vermittlung spielt, aus seiner Doppelstellung gegenüber dem Zooid (als Grundsubstanz) und dem Hyphoid (als Teil eines organischen Bestandteils) zu erklären.

Eine Weile dauert nun dieser Austausch von Stoffen, aus dem Zooid ins Hyphoid, aus dem Hyphoid wieder ins Zooid, dann zurück und schließlich an die Geschlechtsprodukte. Wie lange? Ja, das kann ich einstweilen noch nicht sagen, bis ich all die Möglichkeiten der Umordnung aufgezählt habe, welche der Bildung der Geschlechtsprodukte vorangehen. Das aber kann erst an Hand der Synthese geschehen. Wohl wissen wir aus der Erfahrung daß, wie das Wachstum, so auch das geschlechtsreife Alter eine bestimmte Zeit dauert. Die Reihe von Jahren, welche die eine wie die andere Periode in Anspruch nimmt, steht wahrscheinlich in einem inneren Verhältnis zueinander.

Dann tritt die dritte Lebensperiode, das Alter ein. Das führende Zooid erreicht ein neues Stadium, ein Stadium, indem es seine Grundsubstanz die SiO_2 nicht mehr festhält. Die Haare werden weiß und fallen aus, die Haut wird runzlig. Auch die Spezialzooide, auch das Hyphoid gehen in andere Lebensstadien über. Die Knochen werden brüchig, das Verhältnis des Kalkes zur organischen Substanz ändert sich in ihnen, die Unterhaut und die Lederhaut verlieren ihre Prallheit. Es findet eine Änderung in der Bildung und Zerstörung von Stoffen statt, die auf dem Austausch zwischen Hyphoid und Zooid beruhen, eine Verfettung oder auch eine Abmagerung. Die Nerven führen nicht mehr von den Körperoberflächen dem Zooid die Stoffe zu, die zur Bildung der geschlechtlichen Generation des Hyphoids notwendig sind, d. h. zur Füllung der Epithelzellen, denn Geschlechtsprodukte werden ja nicht mehr

gebildet. Das führende Zooid hat in diesem Lebensstadium ja die Fähigkeit verloren, den Nerven die Stoffe zu liefern, welche die Bildung der Geschlechtsprodukte ermöglichen, es verlieren allmählich auch die Spezialzooiden die Stoffe, mit Hilfe deren die Epithelzellen wieder gefüllt werden können.

So treibt der Organismus seinem Ende zu.

7. Leben und Tod.

An der Leiche steht eine Theorie des Lebens vor ihrem Prüfstein. Weshalb lebt dieser Kadaver nicht mehr? In ihm sind doch alle Stoffe vorhanden, welche dem Leben zugrunde liegen, alle morphologischen Apparate, die diese Stoffe sonst umsetzen, sind unverändert. Niemand weiß das besser als der Mann der Wissenschaft, und deshalb ist niemand trauriger in einem solchen Momente als er. Warum ist das Leben entflohen? Sollte wirklich in dem Lebenden noch etwas wohnen, was dem Toten fehlt, eine Seele? Schon in dem 9. Kapitel des I. Abschnitts der I. Abteilung haben wir uns eine solche Frage vorgelegt. Damals haben wir darauf geantwortet, daß der Tod das Band zwischen Kraft und Form zerschneidet, welches für das Leben charakteristisch ist.

Seitdem haben wir einiges gelernt, um uns aufzuklären, was man darunter zu verstehen habe. Suchen wir zu rekapitulieren, was das alles ist. Zunächst hat man darauf aufmerksam gemacht, daß wir einen solchen Gegensatz zwischen einem leicht umsetzbaren Zustand und einem schwer veränderlichen auch bei sonst genau gleich zusammengesetzten Körpern kennen. Ostwald[1]) hat eine Anzahl Beispiele gegeben von Verbindungen, die durch eine kleine Veränderung ihrer Umgebungsbedingungen eine Erschütterung oder Erwärmung zur Zersetzung gebracht werden in dem einen Zustand, während sie in dem anderen chemisch genau isomeren Zustand diesen Veränderungen widerstehen. Er nannte den einen Zustand den labilen, den anderen den stabilen, und er zeigte, daß es wesentlich die Lage der Atome im Raum, das stereo-

[1]) Ostwald, W., Studien über die Bildung und Umwandlung fester Körper. Zeitschr. f. physik. Chemie 22, 1897.

chemische Verhalten war, welches die Differenz bedingte. Für die lebenden Organismen war es nun gültig, wie Ostwald hervorhob, daß sie einer Art von Veränderungen der Umgebung gegenüber sich vollkommen gleichgültig verhielten, wie tote Substanzen auch, während andere Veränderungen sie zu den lebhaftesten Umsetzungen veranlaßte. Er bezeichnete daher den lebenden als den metastabilen Zustand. Und um die Ähnlichkeit eines solchen chemischen Zustandes mit dem Leben noch deutlicher zu machen, zeigte er, wie unter gewissen Umständen eine Spur einer Substanz in labilem Zustand, ein Kriställchen allein, eine große Menge, die sich in anderem Zustande befindet, in diesen umzuwandeln imstande ist. So wirkt auch ein Keim eines lebenden Wesens befruchtend, wie wir sagen, er wandelt die leblose Materie in belebte um, indem er sich entwickelt, vermehrt.

Ist nun wirklich der Unterschied zwischen Leben und Tod derart zwei chemischen Zuständen vergleichbar? Geraume Zeit hat man gesprochen von lebendem und totem Eiweiß, das wäre Eiweiß in labilem und stabilem Zustand. O. Löw[1]) hat versucht, einen chemischen Grund in dem Aufbau des lebenden Eiweißmoleküls zu finden für die Umsetzungen, die das lebende Organ darbietet und glaubt, denselben in der Anwesenheit von Aldehydgruppen in demselben gefunden zu haben. Entspricht etwas derartiges nun auch der hier vorgetragenen Theorie? Auf den ersten Blick erscheint es fast kindlich, den Grund des Lebens in einem solchen Doppelzustand der dem Organismus zugrunde liegenden Stoffe zu suchen, und diese Auffassung in Parallele zu stellen mit unserer Theorie. Haben wir nicht eine außerordentliche Komplikation, eine Wechselwirkung der verschiedenen Symbioten als die Ursache der Lebensprozesse erkannt?

Bei genauerem Nachdenken aber erinnert man sich, daß diese Wechselwirkung doch nur möglich ist, wenn die ausgetauschten Stoffe gewisse Eigenschaften haben. Man fragt sich dann, auf welche Eigenschaften es eigentlich ankam bei dieser Wechselwirkung. Die Rekapitulation ergibt, daß man Gebrauch machte von einer ganzen Reihe chemischer Eigen-

[1]) O. Löw und Th. Bokorny, Vers. üb. aktives Eiweiß. Biol. Zentralbl. XI, 1891.

schaften, wie z. B. der doppelten Wertigkeit des Eisens, der Kern- und der Kettenbildung der kohlenstoffhaltigen Atomgruppen, der Polymerisation bei ihnen und bei den stickstoffhaltigen. Von physikalisch-chemischen Eigenschaften anderseits, wie der Kolloidbildung und der Ausfällung durch Ionen, der Trennung von Molekülen durch Osmose, und der Entstehung elektrischer Ströme hierbei sprachen wir weiter. Endlich haben wir Gebrauch gemacht von Eigenschaften, die auf der Grenze beider stehen, wie das stereochemische Verhalten, wie das Übergehen von Phosphor und von Schwefel in reduziertem wie oxydiertem Zustand, aus organischer in anorganische Bindung, von Kalk aus der organischen in die kolloidale und in die kristalloide Bindung.

Auf diesen und auf vielen anderen Eigenschaften basieren die Umsetzungen des Lebens, nicht etwa auf einer einzigen. Man wird daher, wenn man nach den Ursachen des Todes sich umsieht, erinnert an die Erfahrungen, die die Pathologen schon lange gemacht haben. Es kommt sowohl darauf an, daß die Moleküle, welche zur Umsetzung notwendig sind, überhaupt im Organismus sich finden, wie darauf, daß sie im richtigen Moment an den Ort gebracht werden, wo sie umgesetzt werden können.

Im ersten Falle kann der Tod eintreten wie bei Hunger oder Erstickung, im letzteren Falle wie bei Störungen des Kreislaufs. Die Infektionskrankheiten mögen vielleicht in dem einen Fall mehr auf die eine, in dem anderen Fall mehr auf die andere Weise zur Todesursache werden.

Noch knüpft aber diese Betrachung an unser letztes Kapitel an. Dieses scheint dem Leben eine bestimmte Dauer zu geben. Wenn das führende Zooid alle drei Lebensstadien durchschritten hat, wenn nicht vorher eine äußere Kraft den Lebensfaden durchrissen hat, erfolgt der Tod durch Altersschwäche. Aber auch da müssen wir uns erinnern, daß die Pathologen uns gelehrt haben, jedesmal nach einer direkten Todesursache zu forschen. Es kommt darauf an, daß der umzusetzende Stoff zur rechten Zeit, am rechten Ort nicht vorhanden war. Die direkte Todesursache kann mannigfaltig sein, wenn auch der Ablauf der Lebensstadien als entfernterer Grund derselbe war. Es kann ein Stoff nicht gebildet worden sein, weil das führende Zooid erschöpft war, oder das Hyphoid hat ihn nicht an den

Ort gebracht, wo er umgesetzt werden konnte. Es kommt auf den Kampf mit den Kräften der Außenwelt an, welcher von den Symbioten zuerst die Fähigkeit verliert, sich in diesem Kampf zu behaupten. Und weil der Organismus sich zusammensetzt aus unzähligen der Manifestationen der Symbioten, kann sich auch bei dem allmählichen Erlöschen des Lebens, je nach dem Eingreifen der Außenwelt, das alles verschieden lange hinziehen.

---

8. Individualität.

Gern hätte ich noch den Roux'schen[1]) Kampf der Teile im allgemeinen besprochen, aber ich will mir das auf die Synthese versparen. Jetzt möchte ich zum Abschluß der Analyse noch ein Bild von der Individualität entwerfen, wie sie nach dieser Theorie erscheint. Und ein paar Lichter werden dabei hoffentlich auf Dunkelheiten fallen, die in dieser Analyse den aufmerksamen Leser gestört haben müssen, und die ich doch nicht habe vermeiden können.

Individuum, der Begriff, das Wort wird von uns in einem doppelten Sinne gebraucht, und doch deckt dieser doppelte Sinn nur die Einheit, die vor unserem geistigen Auge steht. Das eine Mal nehmen wir das Wort in seinem eigentlichen Sinne. Es heißt ja „das Unteilbare". Wir denken dabei, daß das Ganze ja doch nur ein Leben hat, einen Willen, eine Seele hätte ich bald gesagt, indem ich dem Sprachgebrauch folgte. Die Teilung bedeutet den Tod.

Zum anderen denken wir an die lebendige Erscheinung. Wir unterscheiden die verschiedenen Individuen, welche einer Art angehören. Die Unterschiede innerhalb desselben Typus sind es, die wir dabei hervorheben wollen. In dem ersteren Sinne hat diese Analyse sich nun bemüht, entgegen der gegenwärtig üblichen Methodik der Wissenschaft, nicht den Organismus in seine einzelne Teile zu zerlegen, sondern herauszubringen, was für ein Prozeß in ihm vor sich geht, der alle diese Teile untereinander verbindet.

Vor allen Dingen lehrte die Geschichte der Individuen, d. h.

---

[1]) Roux, W., Der Kampf der Teile im Organismus. Leipzig 1881.

eine Beobachtung ihres Lebens, wie die Übersicht der ungeheuren Variation von Organismen, daß dieser in dem Ganzen sich abspielende Prozeß analog sei demjenigen, der sich in der einzelnen Zelle vollziehe. Über den letzteren gaben die physiologische, die physikalische Chemie, die Histologie einige Auskunft. Aber wie setzten sich nun die unzähligen Einzelprozeßchen zum Gesamtprozeß zusammen? Zuerst war da eine Führerin die Embryologie, welche über die Ordnung der Zellen bei der Bildung des Organismus etwas lehrte. Sodann aber handelte es sich darum, in dem Lebensprozeß des Gesamtorganismus etwas wieder zu erkennen von den Prozessen der einzelnen Zellen.

Es begann die physiologische Analyse. Mit ihr häuften sich die Schwierigkeiten. Denn wo steckte in der relativ kolossalen Einheit, mit der man es zu tun hatte, noch der Schlüssel zur Zusammensetzung aus einzelnen Prozessen? Große Mengen von Zellen wurden zusammmengefaßt zu einer Funktion, und die verschiedenen Funktionen dienenden Zellen differenzierten sich untereinander. Wie sollte der Lebensvorgang des ganzen Organismus dem einer Zelle gleichen, und welcher Zelle? Sie gleichen sich ja kaum untereinander. Dabei war in diesem Organismus jede Zelle ebenso lebendig, wie der ganze Organismus selbst, keine war ein toter Teil, alle Prozesse waren zentralisiert, d. h. sie gingen die Gesamtheit an und sie waren lokalisiert, d. h. sie betrafen den Lebensvorgang einer bestimmten Zelle oder einer bestimmten Zellgruppe gleicher Art oder gleichen Ortes.

Ich begann den Versuch, hierin Klarheit zu schaffen, indem ich von den Symbioten sprach, deren verschiedene Lebensstadien in verschiedene Zellen verteilt sind, während eine und dieselbe Zelle wieder die Lebensstadien verschiedener Symbioten enthält. So versuchte ich die Differenz der Zellen untereinander und wieder die Einheit des Lebens in den verschiedenen Bezirken des Organismus zu erklären. Ich war mir bewußt, wie wenig das genügte. Indessen im Verlauf der physiologischen Analyse sprach ich von zwei Zooiden, die das Leben des Organismus bedingen und die selbst der Einwirkung der kosmischen Kräfte untertan sind. Zwischen ihnen besteht ein Gleichgewicht, das durch die andere Art der Symbioten, durch das Hyphoid unterhalten wird. Fortwährend suchen die Kräfte der Umgebung dieses Gleich-

gewicht zu stören, fortwährend wird es durch die Entwickelung der inneren Kräfte mit Hilfe des Hyphoids wieder hergestellt.

Notwendig ergibt sich zwischen jedem der Zooiden und dem Zwischenglied dem Hyphoid wieder ein Gleichgewicht, notwendig ergibt sich zwischen den äußeren Störungen und der Wiederherstellung ein gewisses Verhältnis. In diesem Verhältnis habe ich die erste Verdeutlichung der Individualität gefunden. Denn dieses Verhältnis hängt ab von dem inneren Bau des Lebewesens, von der Beziehung zwischen den Zooiden untereinander und zu dem Hyphoid. Nicht gleich sind die Zooide. Die eine ist die führende, die andere in unzähligen mehr oder minder zahlreichen Manifestationen eingeordnet. Nicht gleich sind sie verteilt auf die Zellen, die Gewebe, eine umfangreiche Darstellung nur kann ihre Verteilung entwirren. Sie sind die Produkte und auch wieder die Ursachen des Hyphoids.

Der eindringende Sauerstoff ändert ihre Beziehungen zu demselben fortwährend. Immer aber erfolgten diese Änderungen in einem gewissen Verhältnis, das von ihrer Kraft, d. h. ihrer Zahl und der äußeren Einwirkung abhängig ist. Und dieses Verhältnis der Änderung nennen wir den Rhythmus. Alles Leben ist rhythmisch, von dem Pulsschlag des Herzens und der Atmung bis zum Tanzen, zur Musik und Poesie.

Immer handelt es sich um das Einbrechen einer Veränderung und der Wiederherstellung des Gleichgewichts. Die Zeit, die hierzu gebraucht wird, aber ist abhängig von dem Verhältnis der Zooide und Hyphoide, aus denen ein Individuum aufgebaut ist, ***daher ist der Rhythmus charakteristisch für dasselbe.*** In ähnlich gebauten Individuen gelingt es für eine gewisse Zeit, den Rhythmus durch äußere Einwirkung, durch Übung gleichmäßig zu gestalten. Wir nennen das einen Chor, immer wieder löst sich aus demselben der Rhythmus der einzelnen Individuen ab. Wir erachten es als eine sehr hohe Leistung des Schriftstellers, wenn es ihm gelingt, durch den Rhythmus zu charakterisieren, sei es die Personen, die er schildert, durch ihre Sprache, sei es sich selbst, durch seinen Stil.

Wenn ich hiermit die Analyse abschließe, so kann ich die Feder nicht aus der Hand legen, ohne dem Andenken zweier Männer zu huldigen, deren Ideen mich mehr als die der anderen geleitet haben. Es sind Im. Kant und Rich. Avenarius. Ich hatte nicht Gelegen-

heit sie zu zitieren, denn in keiner der Analysen, auf denen unsere Kritik beruht, hatten sie Veranlassung sich zu betätigen. Aber den Einfluß, den sie auf mich bei Abfassung dieses Buches hatten, kann ich nicht unerwähnt lassen. Wenn Raum und Zeit aller Erkenntnis zugrunde liegen, wie Kant zeigte, so mußte dies in dem Bau der erkennenden Wesen begründet sein, so meinte ich. Wenn alle Wissenschaft sich in letzter Hand mathematisch ausdrücken läßt, so müssen die Grundlagen der Mathematik bei dem Aufbau der erkennenden Organe eine entscheidende Rolle spielen. In unzähligen Fällen, wo mich jede andere Erfahrung im Stich ließ, ist Kant mein Lehrmeister gewesen.

Und diese Lehre hat Avenarius' Kritik der reinen Erfahrung ergänzt. Denn er verfolgte die Wirkung der Außenwelt auf den Organismus. Die Vitalschwankung, welche sie erzeugt, wurde ihm der Mittelpunkt der Erfahrung. Die Vitalschwankung ist auch für mich der Mittelpunkt des Lebensprozesses geworden. So verschieden die Kritik der reinen Vernunft und die Kritik der reinen Erfahrung zunächst auch erscheinen, so lassen sie sich doch als ergänzend auffassen für den Aufbau des Organismus, für seine Schicksale in der Welt.

Namenregister.

Sachregister.

Durch kursive Schrift sind diejenigen Seitenzahlen hervorgehoben, auf denen entweder die chemische Formel der betreffenden Substanz mitgeteilt wird, oder auf denen die Überschrift des Kapitels eine Behandlung des betreffenden Gegenstandes ankündigt.

Druck von C. G. Röder G. m. b. H., Leipzig.

Heinrich Fritsch, **Tabulae gynaecologicae.** Gynäkologische Wandtafeln zum Unterricht. 20 Tafeln von 90:110 cm, mit Text in deutscher, französischer und englischer Sprache. 1885. Preis 60 Mark (Probetafel gratis und franco.).

— **Aus der Breslauer Frauenklinik.** Bericht über die gynäkologischen Operationen des Jahrgangs 1891/92. Mit 13 Abbildgn. in Holzschn. 6 Mk.

Lehrbuch
der
Kinderkrankheiten
für Aerzte und Studirende

von

Dr. Adolf Baginsky

a. o. Professor der Kinderheilkunde an der Universität Berlin, Director des Kaiser- und Kaiserin Friedrich-Kinderkrankenhauses.

Achte völlig neu durchgearbeitete und verbesserte Auflage.

Preis geheftet 22 Mark, gebunden 24 Mark.

Diese 8. Auflage des Lehrbuches der Kinderkrankheiten erscheint nach einer erneuten, eingehenden und sorgsamen Durcharbeitung des ganzen Werkes. Ist auch an der erprobten und durch die bisherige günstige Aufnahme, von der medicinischen Welt gebilligten Anlage und Anordnung, eine wesentliche Aenderung nicht getroffen worden, so ist doch kaum ein einziger Abschnitt vorhanden, welchem nicht bis zu einem gewissen Grade Verbesserung und Bereicherung zu Theil geworden ist.

Aetiologie, Prophylaxis und Therapie
der
Rhachitis

von

Dr. Paul Zweifel

K. S. Geh. Medicinalrath, ord. Professor der Geburtshülfe und Gynäkologie an der Universität in Leipzig.

Preis geheftet 6 Mark.

Die ersten Mutterpflichten und die erste Kindespflege.

Belehrungsbuch für junge Frauen und Mütter von

Dr. F. A. von Ammon

weiland Leibarzt Sr. Majestät des Königs von Sachsen rc.

Neununddreißigste Auflage, durchgesehen von

Dr. F. von Winckel

Geheimer Rath, Professor der Gynäkologie, Director der Königlichen Universitäts-Frauenklinik, Mitglied des Medicinal-Comités der Universität und des K. Obermedicinalausschusses in München.

Mit Titelvignette. 12. Preis gebunden mit Goldschnitt 3 Mark 75 Pf.

SCHMIDT'S JAHRBÜCHER

DER

IN- UND AUSLÄNDISCHEN

GESAMMTEN MEDICIN.

Unter Mitwirkung von

Geh. Med.-Rath Prof. Dr. **H. Fritsch** (Bonn): Gynäkologie u. Geburtshülfe,
Geh. Med.-Rath Prof. Dr. **H. Helferich** (Kiel): Chirurgie,
Geh.-Rath Prof. Dr. **O. Heubner** (Berlin): Kinderkrankheiten,
Prof. Dr. **G. Riehl** (Wien): Haut- und Geschlechtskrankheiten,
Geh. Med.-Rath Prof. Dr. **H. Schmidt-Rimpler** (Halle): Augenheilkunde,
Geh. Med.-Rath Prof. Dr. **H. Senator** (Berlin): Innere Krankheiten,
Prof. Dr. **W. Spalteholz** (Leipzig): Anatomie,
Prof. Dr. **R. Tigerstedt** (Helsingfors): Physiologie

herausgegeben von

P. J. Möbius und H. Dippe

in Leipzig.

73. Jahrgang.

gr. Quart. 12 Hefte ca. 180 Druckbogen. Preis 36 Mark.

Inhalt der einzelnen Hefte:

A. Originalabhandlungen und Übersichten.

B. Auszüge.

Medicinische Physik, Chemie und Botanik.
Anatomie und Physiologie.
Allgemeine Pathologie und pathologische Anatomie.
Pharmakologie und Toxikologie.
Neuropathologie und Psychiatrie.
Innere Medicin.
Geburtshülfe, Frauen- und Kinderheilkunde.
Chirurgie, Augen- und Ohrenheilkunde.
Hygiene und Staatsarzneikunde.
Medicin im Allgemeinen.

C. Bücheranzeigen.

D. Medicinische Bibliographie des In- und Auslandes. Sach- und Namensregister.

Kuessner, B., und **R. Pott,** **Die acuten Infectionskrankheiten.** gr. 8. 1882. Mk. 8.60.

Wesener, F., **Lehrbuch der chemischen Untersuchungsmethoden zur Diagnostik innerer Krankheiten.** Mit 28 Abbildungen in Holzschnitt. gr. 8. 1890. geh. Mk. 6.—, gbdn. Mk 7.20.

Siegle, E., **Die Behandlung der Hals- und Lungenleiden mit Inhalationen.** 3., stark vermehrte Auflage. gr. 8. 1869. Mk. 4.—

Lehrbuch
der
Klinischen Untersuchungsmethoden
innerer Krankheiten

von

Dr. Hermann Eichhorst

o. ö. Professor der spec. Pathologie u. Therapie u. Director der medicinischen Universitätsklinik in Zürich.

Vierte umgearbeitete Auflage.

Mit 281 Abbildungen in Holzschnitt.

Preis geheftet 20 Mark, gebunden 21 Mark 80 Pf.

Gefässkrisen

von

Prof. Dr. J. Pal

k. k. Primararzt und Vorstand der I. medizin. Abteilung des k. k. Krankenhauses in Wien.

Mit 7 Figuren im Text.

Preis geheftet 8 Mark.

Gedanken und Gespräche
aus
Schweninger's Aerzteschule.
Erstes Heft: Magen und Magengymnastik.

Preis geheftet 1 Mark 50 Pfg.

Fürbringer, P., **Die inneren Krankheiten der Harn- und Geschlechtsorgane,** für Aerzte und Studirende. 2. umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 18 Abbildungen in Holzschnitt. gr. 8. 1890. geh. Mk. 12.—, gebdn. Mk. 13.60.

Hebra, H. v., **Die krankhaften Veränderungen der Haut und ihrer Anhangsgebilde, mit ihren Beziehungen zu den Krankheiten des Gesammtorganismus dargestellt.** Mit 35 Abbildungen in Holzschnitt. gr. 8. 1884. Mk. 12.—.

Kopp, C., **Lehrbuch der venerischen Erkrankungen,** für Aerzte und Studirende. Mit 25 Abbildungen in Holzschnitt. gr. 8. 1889. geh. Mk. 12.—, gebd. Mk. 13.60.

Druck von August Pries in Leipzig.

